das elektron

ELEKTRO- UND RADIOTECHNISCHE MONATSHEFTE

Eigentümer, Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Ing. H. Kirnbauer, Urfahr, Reindlstraße 10, Redaktion Linz, Landstraße 9, Tel. 21450, 38166 — Verleger, Generalvertrieb für In- und Ausland: Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. D., Landstraße 9, Tel. 21450

HEFT 8/9

JAHRGANG 1947

INHALTSVERZEICHNIS

BEZUGSBEDINGUNGEN:

Einzelheft S 3·—, Doppelheft S 6·—

Abonnement: 1/2 Jahr S 18·— Inklusive Porto

Bestellungen sind an den Generalvertrieb für Österreich und das Ausland, Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. D., Landstraße 9, zu richten

Ein Jahr „das elektron"

Eine elektro- und radiotechnische Zeitung, die sich an die breite Masse der Techniker und Bastler wendet, soll leichtfaßlich und begeisternd geschrieben sein. Das war das Ziel, welches wir uns vorgenommen haben. Die Aufgabe war nicht leicht. Eine große Anzahl Zeitschriften, die elektro- und radiotechnische Probleme behandelten, waren bereits am Markt. Sie alle bewegten sich aber mehr oder weniger im hochwissenschaftlichen Fahrwasser. Ist damit aber der breiten Masse der Techniker und Bastler gedient? Kann nicht ein Buch oder eine Zeitschrift wissenschaftlich einwandfrei und dabei doch interessant und verständlich sein? Ein Blick in die ausländische Literatur bringt uns gleichzeitig eine Beantwortung unserer Frage. Hier gibt es sogar streng wissenschaftliche Bücher, die direkt spannend zu lesen sind. Da sollte „das elektron" eingreifen, nicht kopieren und übernehmen, sondern alles unseren Verhältnissen entsprechend anpassen. Es ist nicht alles gut, was vom Ausland und besonders aus Uebersee kommt. Damit war unsere Linie klar vorgezeichnet. Doch von der Idee zur Ausführung ist ein weiter Weg.

Wir hatten dazu am Anfang nichts als die Begeisterung und den Willen, allen, die wirklich an den Problemen der Elektronen interessiert sind, zu helfen. Die Praxis ist gut und schön, ihr muß aber unbedingt die Theorie zur Seite stehen. Es ist richtig, daß ich wissen muß, wenn im Empfänger plötzlich ein starker Netzbrumm auftritt, daß einer der Elektrolytkondensatoren seine Kapazität verloren hat, aber ich muß doch auch wissen, warum der Empfänger dann brummt. Theorie und Praxis müssen eben Hand in Hand gehen. Beide zu pflegen, zu fördern und richtig zu vereinen, sollte ebenfalls unsere Aufgabe sein.

Die Welt der Elektronen ist so interessant, so vielseitig und selbstverständlich, doch in jeder Hinsicht immer an die physikalischen Grundbegriffe gebunden. Es ist zum Beispiel nicht richtig, wenn der Radiotechniker wohl mit den Begriffen Schwingkreis, Phasenverschiebung, Frequenzmodulation usw. nur so herumwirft, auf der anderen Seite aber nicht einmal die Wirkungsweise eines Asynchronmotors kennt. Daher hat sich „das elektron" von Anfang an bemüht, nicht nur die Radiotechnik zu behandeln, sondern darüber hinaus auch blitzlichtartig Randgebiete zu beleuchten. War das richtig? Die Antwort war der Erfolg.

Der Weg war in der Theorie klar vorgezeichnet. Wie wurde er aber in der Praxis gehalten? Blättern Sie bitte die vorliegenden Hefte unserer Zeitschrift durch und geben Sie selbst die Antwort. Wir wollen Ihnen hier nicht von unseren Schwierigkeiten betreffs Papier, Druck und Klischees erzählen. Man könnte damit Bände füllen.

Sollen wir Ihnen erzählen, daß die Papierpreise um mehr als 300% gestiegen sind, daß die Preiserhöhung bei den Druckkosten nicht minder groß war? Das haben Sie doch schon oft genug gehört. Wir verfolgen die laufenden Preiserhöhungen mit größter Sorge. Selbstverständlich mußten wir auch mit dem Preis hinaufgehen. Das hat uns keine Freude bereitet, das können Sie uns glauben. Der Not gehorchend, nicht dem eigenen Triebe. 3.— S für die Einzelnummer sind viel Geld, das sind wir uns ganz im klaren. Wenn wir aber bedenken, daß man für einmal Haarschneiden schon 2.40 S verlangt, so ist doch der Betrag von 3.— S, für den Sie sich einmal im Monat Wissen, Ratschläge und in letzter Hinsicht auch „Können" erwerben, nicht zu hoch gegriffen. Ja, wir hätten auch den anderen Weg gehen und unsere Seitenanzahl herabsetzen können. Wir glauben aber nicht, daß Sie mit den eingesparten 50 Groschen einverstanden gewesen wären.

Die Zeiten, die uns allen bevorstehen, sind sicherlich nicht rosig. Auf der einen Seite die Teuerung und auf der anderen Seite, als drohendes Gespenst, die Arbeitslosigkeit. Das ist keine Schwarzseherei, sondern die logische Entwicklung. Traurig, aber wahr. In dieser Zeit wird aber mehr denn je die Leistung und damit das Können entscheiden. Begeistern Sie sich weiter an den interessanten Problemen der Technik, schulen Sie sich dadurch für die Zukunft. Leistung entscheidet.

Wir aber wollen Ihnen helfen, die kommenden schweren Zeiten leichter durchzustehen.

Forts. auf Seite 206

TELERNA

Fernsehen plus Radar ergibt ein neues Flugsicherungssystem

In den Laboratorien der RAC. in Camden und Orinceton wurde unter Verwendung der neuesten Errungenschaften des Fernsehens und der Funkmeßtechnik ein neues Flugnavigationssystem entwickelt, welches die Sicherheit der Flugverbindungen wesentlich erhöht. Der Flugzeugführer sieht auf einem Leuchtschirm eine vom Boden aus ferngesendete Landkarte die alle, zur Flugdurchführung notwendigen Angaben, wie Kurs der eigenen und fremder Maschinen, Wetterfronten, Sichtverhältnisse, Sperrgebiete, Windrichtungen usw. enthält.

Wir finden es heutzutage als selbstverständlich, daß es möglich ist, sich in den Morgenstunden in eine Reisemaschine einer Flugverkehrsgesellschaft zu setzten, während einer kurzen Rast in Rom das Mittagessen einzunehmen, um am Abend bereits in einer der nordafrikanischen Städte einen Mokka nach arabischer Art zu trinken. Wenn wir rückblickend die rasche Entwicklung der Flugtechnik überschauen, denken wir in erster Linie an die Flugzeuge. Aber nicht allein die modernen Maschinen sind der Garant einer verläßlichen Flugverbindung, sondern auch ein sicher funktionierender Navigationsdienst. Wer einmal Wien angeflogen hat und, obwohl er die Umgebung Wiens genau kennt, vergeblich den Flughafen Aspern suchte, der wird verstehen, daß das Anfliegen eines Hafens, sowie das Einhalten eines Kurses bei sich ständig ändernder Windrichtung keine so einfache Aufgabe ist. Die Erfindung des Bodensichtgerätes, das unter den Namen Rotterdam, Berlin, H 2 S bekannt ist, hat zur sicheren Durchführung der alliierten Bombenangriffe auch bei vollkommen fehlender Bodensicht viel beigetragen. Als Navigationsgerät für den zivilen Luftverkehr aber zeigt dieses komplizierte Gerät zwei große Nachteile: den hohen Anschaffungspreis und das hohe Gewicht. Während bei einem Bomberpulk nur die Führermaschine mit diesem Gerät ausgerüstet sein braucht, der Laderaum der anderen Maschinen daher ungeschmälert zur Verfügung steht, müßte im Reiseverkehr jedes Flugzeug neben den anderen Bordgeräten ein Bodensichtgerät erhalten.

Die Forschungsstellen der RCA in Camden und Orinceton haben nun unter dem Namen „Telerna" (**Tele**vision-**R**adar-**Na**vigation, d. i. Fernseh-Funkmeß-Ortung) ein Flugnavigationssystem entwickelt, das von dem Grundgedanken ausgeht, alle verhältnismäßig schweren Beobachtungsgeräte als über das Land verteilte ortsfeste Bodenstationen auszuführen und die ausgewerteten Ergebnisse, sowie alle anderen zur Flugdurchführung erforderlichen Angaben, mittels Fernsehsender zum Flugzeug zu übertragen. Da die Weitergabe sowie die Umwertung der Meldungen automatisch und auf elektrischem Wege stattfindet, tritt keinerlei Verzögerung auf. In der Maschine selbst befindet sich nur mehr ein Fernsehempfänger und ein normales Funkgerät.

Bild 1

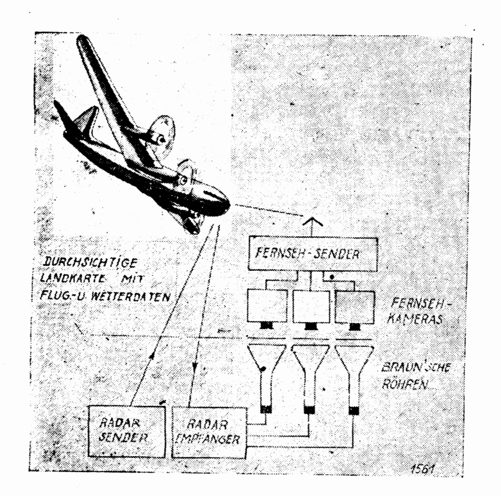
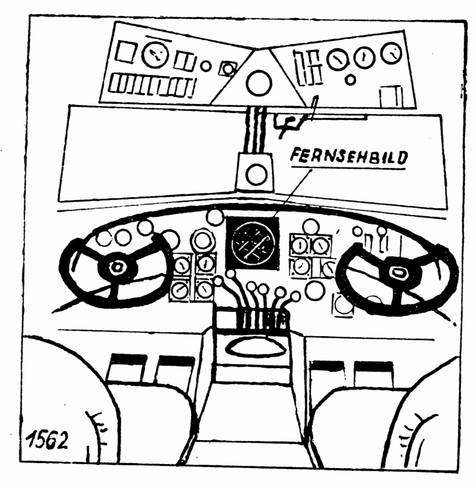


Bild 1 zeigt die prinzipielle Wirkungsweise. Eine Funkmeß-Rundsuchstation sucht automatisch ständig einen bestimmten Raum ab. Treffen die ausgesandten Impulse auf eine sich in diesem Raume befindliche Maschine auf, so werden sie reflektiert empfangen und der Helligkeitssteuerung eines Braunschen Rohres zugeführt. Das Helligkeitssteuergitter des Braunschen Rohres ist normalerweise negativ vorgespannt, so daß das Rohr dunkel ist. Für den kurzen Augenblick des empfangenen Impulses ist diese Sperrung aufgehoben. Auf dem Braunschen Rohr erscheint ein Lichtpunkt. Die Ablenkplatten des Braunschen Rohres sind elektrisch mit der umlaufenden Antenne und der Entfernungsmeßeinrichtung so gekoppelt, daß die Lage des Leuchtpunktes am Schirm des Braunschen Rohres dem augenblicklichen Standort der Maschine entspricht. Verwendet man Leuchtschirme mit großer Nachleuchtdauer (1—2 Sekunden), so wird der Leuchtpunkt noch so lange zu erkennen sein, bis die umlaufende Antenne nach einer Umdrehung einen neuen Punkt hervorruft. Da aber inzwischen die Maschine schon um ein kleines Stück weiter geflogen ist, wird der nächste Punkt etwas neben dem (schon schwächer leuchtenden) ersten Punkt liegen. Jede Maschine wird auf dem Leuchtschirm ein einer Kaulquappe ähnliches Zeichen hervorrufen. Kurvt die Maschine, so ist auch das Zeichen entsprechend gekrümmt. Durch Bündelung des Funkmeßstrahles wird der abzusuchende Raum der Höhe nach in drei Zonen unterteilt, die nacheinander abgesucht werden. Der Empfang wird synchron auf drei Braunsche Röhren verteilt, so daß auf jeder Braunschen Röhre nur die in einer Höhenschicht fliegenden Maschinen angezeigt werden. Dies ist erforderlich, um den Flugzeugführer nicht durch eine zu große Anzahl von Maschinenzeichen zu verwirren.

Gegenüber den drei Braunschen Röhren befinden sich drei Fernsehaufnahmekameras, die die Leuchtbilder aufnehmen und über einen Fernsehsender ausstrahlen. Zwischen dem Braunschen Rohr und der Aufnahmekamera befindet sich eine durchsichtige Landkarte, in die die Flugverkehrswege, die Wetterfronten, die Windrichtung und alle sonst noch zur Flugsicherung notwendigen Angaben eingezeichnet werden. Diese Karten werden laufend (wie die Wetterkarten auch heute schon) neu gezeichnet und umgetauscht. Die Leuchtpunkte des Braunschen Rohres scheinen durch die Karten durch und geben laufend die Lage der eigenen, sowie aller in gleicher Höhenschicht fliegenden Maschinen an. Um mit einem Fernsehsender auszukommen, werden die drei Bilder zeitlich nacheinander gesendet. Durch eine synchron laufende Steuereinrichtung sucht der Fernseh-Bord-Empfänger das durch Hebeleinstellung gewünschte Bild heraus.

Bild 2 zeigt die Führerkabine einer Maschine. Zwischen den Sitzen der beiden Piloten, von beiden leicht zu übersehen, befindet sich der Leuchtschirm des Fernsehempfängers, auf dem die gesendete Karte erscheint. Bild 3 zeigt das Leuchtschirmbild. Die Maschinen sind als kaulquappenähnliche Striche zu sehen. Die eigene Maschine kann, falls das Flugzeug ein besonderes Kenngerät hat, welches den reflektierten Funkmeßimpuls moduliert, besonders gekennzeichnet werden. Der Flugzeugführer hat nur zu achten, daß

Bild 2



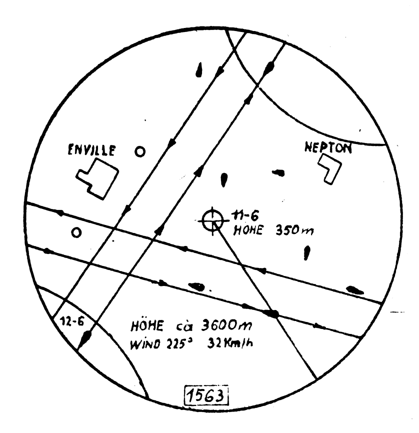


Bild 3

das seine Maschine darstellende Leuchtzeichen am eingezeichneten Flugkurs bleibt.

Kommt das Flugzeug aus dem Bereich einer Station heraus, so empfängt es durch Umschaltung die Sendung der nächsten Station. Hat sich eine Maschine einem Flughafen genähert und will zur Landung ansetzen, so schaltet der Flugzeugführer seinen Fernsehempfänger auf den Lande-Sender um. Sofort erscheint am Leuchtschirm der Plan des Flugplatzes (siehe Bild 4). Seine Maschine ist als Leuchtpunkt zu sehen. Er braucht nun nur mehr auf Landekurs zu gehen und diesen nach dem Leuchtbild einzuhalten. Gleichzeitig übersieht er mit einem Blick, ob nicht gerade eine andere Maschine zur Landung ansetzt. Die Gefahr von Zusammenstößen auch bei schlechtesten Sichtverhältnissen ist, da die Funkmeßpeilung vom Wetter nicht beeinflußt wird, auf ein Mindestmaß herabgesetzt.

Wenn dem Außenstehenden auch der große Aufwand an Bodenstationen sofort als sehr nachteilig ins Auge fällt, so ist dieser Aufwand durch die Tatsache, daß an anderer Stelle Funk- und sonstiges Bodenpersonal eingespart werden kann einerseits, und durch das immer dichter werdende Flugverbindungsnetz anoerseits gerechtfertigt. Außerdem fallen boden- u. bordseitig die heute üblichen Peilgeäte weg.

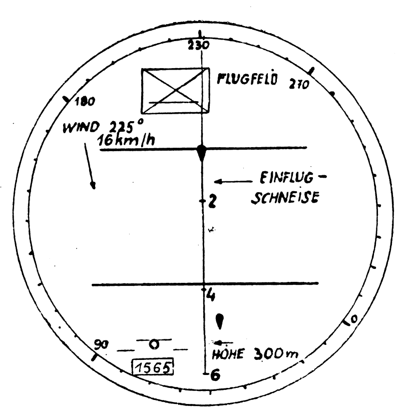


Bild 4

Im Kriege wurden zwei Typen des Telerna entwickelt: „Block" und „Ring". Inzwischen wurde eine Reihe weiterer Typen gebaut. Das Gewicht des Bordempfängers beträgt je nach Type 23 (!) oder 51 kg und hat bei einer Flughöhe von 6700 m eine Reichweite von 320 km. Die Frequenz liegt bei 264 bis 372 oder 90 bis 102 Megahertz.

Bauanleitung „das elektron":

WIR EXPERIMENTIEREN MIT 50.000 VOLT

Wie man sich mit wenigen, heute erhältlichen Radiobestandteilen einen „Tesla-Transformator" zur Erzeugung von 50.000 Volt hochfrequenter Wechselspannung bauen kann.wird in nachfolgender Bauanleitung gezeigt. Einige der vielen interessanten Experimente, die man mit dieser hohen Spannung ausführen kann, werden beschrieben.

„Gibt es etwas Interessanteres zu erforschen, als die Wechselströme?" Mit dieser Frage eröffnete vor mehr als einem halben Jahrhundert Nikolaus Tesla seinen Vortrag, in dem er der Welt erstmalig seinen später nach ihm benannten Hochspannungstransformator vorführte und seine Zuhörer in ein wahres Zauberland knisternder und leuchtender Entladungserscheinungen führte.

Eine „Tesla-Spule" od. ein „Tesla-Transformator" ist ein Hochfrequenztransformator, der eine Spannung von 500 Volt auf phantastisch hohe Werte bringt. Wenn Sie sich, lieber Leser, dieses einfache Gerät bauen, brauchen Sie nur den Heizschalter und zehn Sekunden später den Hochspannungsschalter zu schließen und schon wird ein 5—7 cm langer Entladungsfunken von der Spitze in die Luft überspringen (siehe Bild 1).

Eine Reihe interessanter Experimente können nun durchgeführt werden. Bild 2 zeigt eine leuchtende und sprühende Scheibe. Ein Stück Draht, welcher mit Schellack überzogen ist, so daß der Entladungsvorgang nur an den Enden erfolgt, wird in der Mitte durchbohrt und drehbar auf dem Metallknopf der Spule gelagert. Der Entladungsfunke ruft, ähnlich wie ein ausströmender Wasserstrahl, eine Kraft hervor, die den Draht im Kreise dreht.

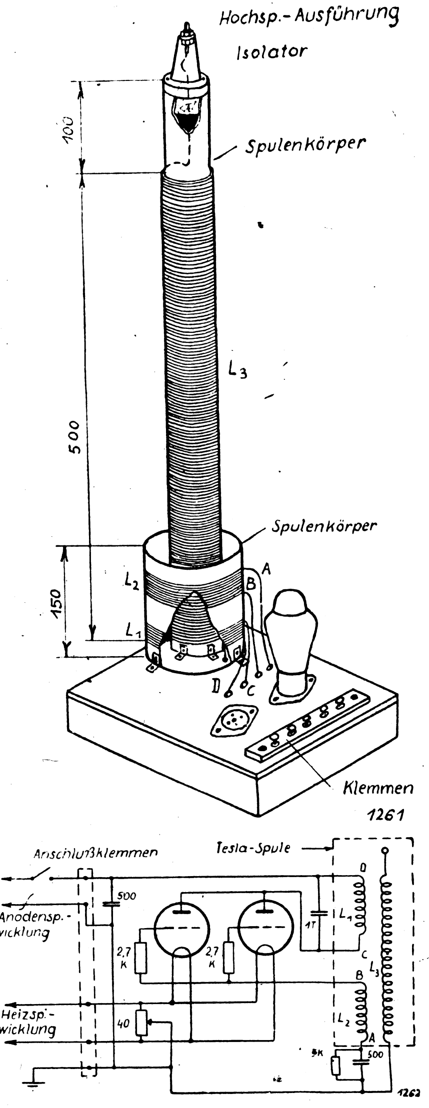
Nehmen Sie ein Stück Draht in die Hand und nähern Sie das freie Ende langsam dem Entladungsknopf der Spule, so können Sie aus diesem einen mächtigen Funken ziehen. Obwohl dabei aer Strom über Ihren Körper abfließt und die Spannung d. furchterregenden Wert von 50.000 Volt hat, verspüren Sie nichts davon. Alle Hochfrequenzströme verlaufen nur an der Oberfläche des Leiters. Wenn Sie sich nun als Leiter im Stromkreis befinden, so fießt der Strom nur entlang der obersten Hautschichte und verschont Ihre inneren Organe.

Feine Metalldrähte, wie z. B. Stahlwolle, erzeugen ein sehr schönes Feuerwerk (siehe Bild 3). Zur Durchführung des Versuches wird an der Spule ein starres Drahtgestell befestigt. Ueber die Schlingen wird feinste Stahlwolle gestreut. Einige Sekunden nach dem Einschalten des Transformators wird diese — da sie den Belastungsstrom nur einen Augenblick aushalten kann — weißglühend und verbrennt.

Eine in das den Entladungspol umgebende elektrische Feld gebrachte gasgefüllte Glühlampe leuchtet in eigenartigem violetten Licht (siehe Bild 3 unten).

Nähert man sich mit einer Neon-Lampe (Glimmlampe) dem Transformator, so beginnt diese schon in einer Entfernung von ein bis zwei Metern zu leuchten.

Noch auf eine andere Art kann man die drahtlose Energieübertra-

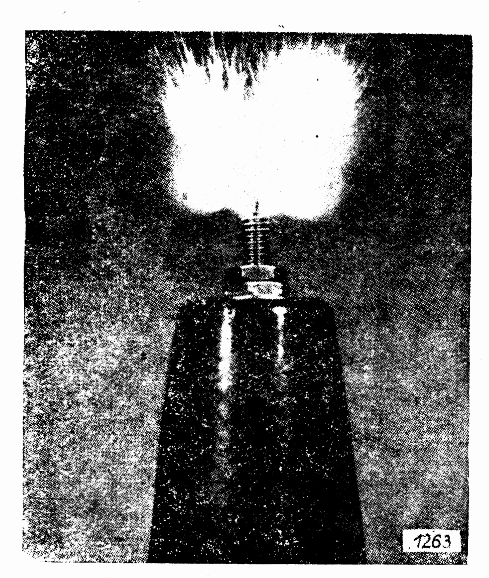


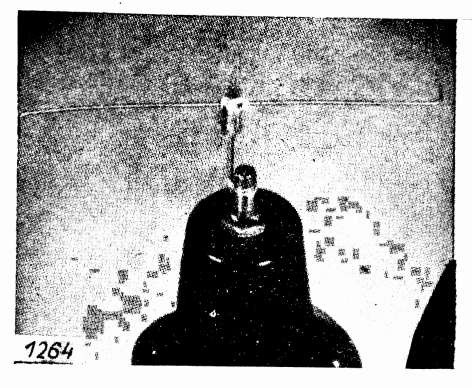
Seite 163: Bild 4 und 5 — Seite 164: Unten links: Bild 1 — Oben rechts: Bild 2 — Unten rechts: Bild 3

gung zeigen. Am Entladungspol wird eine Blechplatte befestigt. Parallel zu ihr eine zweite gut isoliert aufgestellt. Nähert man sich mit einem Schraubenzieher dieser zweiten Platte, so kann man aus ihr, obwohl keine leitende Verbindung besteht, kleine Funken ziehen.

Diese paar Beispiele geben einen Ausschnitt aus der Vielzahl der Versuche, die sich mit Hochspannung durchführen lassen. So sehr Sie einerseits Ihre Freunde und Bekannten begeistern können, so erzürnt werden anderseits Ihre „radiohörenden Nachbarn" sein, denn die schön anzusehenden Entladungs-Erscheinungen machen sich als laut prasselndes Geräusch in jedem Rundfunkempfänger bemerkbar. Machen Sie daher Ihre Versuche nur zu einer Zeit, während der Ihre Nachbarschaft sicher nicht Rundfunk hört.

Und nun zum Bau des Tesla-Transformators. Bild 4 zeigt das Schaltschema, Bild 5 den Aufbau des Gerätes. Zwei Trioden (etwa zwei Röhren LD 2) sind zur Erreichung der notwendigen Leistung parallel geschaltet. Praktisch läßt sich jede genügend spannungsfeste Endtriode oder als Triode geschaltete Pentode verwenden (Schirm- und Bremsgitter der Pentode werden mit der Anode verbunden). Steht eine sehr leistungsfähige Röhre, wie z. B. die zur Zeit im Handel erhältliche RL 12 P 35, zur Verfügung, so genügt eine Röhre. Die Anodenspannungszuführung (500 oder mehr Volt Wechselspannung) erfolgt, wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist, über die Primärwicklung des Transformators. Durch die zweite Spule ist der Gitterkreis induktiv gekoppelt. Parallel zum Kondensator des Gitterschwingkreises liegt der Gitterableitwiderstand. Die Schaltung entspricht also



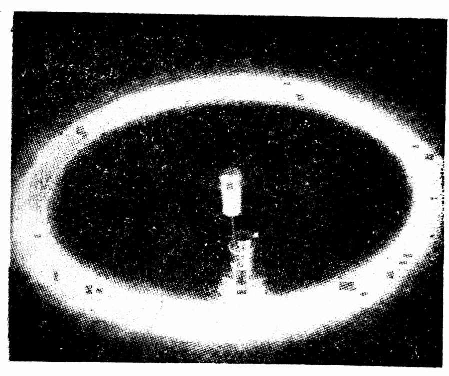


einer normalen rückgekoppelten Senderschaltung. Die erzeugte hochfrequente Wechselspannung wird durch den Transformator 100fach vergrößert. Wegen der hohen Frequenz (über 1 MHz) genügt die lose Kopplung zwischen Primär- und Sekundärseite.

Die Spulen werden auf Kartonröhren gewickelt. Für die Sekundärspule fertigen wir uns eine Pappröhre von 60 cm Länge und 6,5 cm Durchmesser an. Bevor die Wicklung aufgebracht wird, wird die Pappröhre gut getrocknet, vorgewärmt und von außen mit heißem Paraffin getränkt. Einige Millimeter vom unteren Ende entfernt beginnt die Sekundärwicklung (1500 Windungen, Drahtdurchmesser 0,2—0,3 mm). Die gesamte Wicklungslänge ist etwa 50 cm, so daß am oberen Ende etwa 10 cm unbewickelt bleiben. Das Ende des Drahtes wird im Inneren des Rohres zum Durchführungsisolator geführt. In den im Rohr festgeleimten, den Isolator tragenden Holzpfropfen muß vorher ein Loch von 2 cm Durchmesser gebohrt werden.

Das die beiden anderen Spulen tragende Papprohr (15 cm lang, 10 cm Durchmesser) wird in gleicher Weise angefertigt. Die Anodenspule (L_1) beginnt etwa 2,5 cm vom unteren Ende und hat 15 Windungen. Nach einem Zwischenraum von einigen Millimetern beginnt die Gitterspule mit 20 Windungen. Drahtdurchmesser beider Spulen etwa 0,5 bis 1 mm. Sämtliche Spulen werden nach der Fertigstellung gut mit Schellack überstrichen. Steht dieser nicht zur Verfügung, so kann heißes Paraffin verwendet werden, nur ist dieser Feuchtigkeitsschutz mechanisch nicht so widerstandsfähig.

Als Chassis kann ein Zigarrenkistchen (15×20×3 cm) genommen werden. Die zum Anbringen der Röhrensockel, Zuführungsklemmen und zur Leitungsführung erforderlichen Bohrungen werden vorgezeichnet und sauber ausgeschnitten. Sind Röhrensockel, Klemmen, sowie alle größeren Bauteile befestigt, wird zuerst die Sekundärspule mit kleinen Metallwinkeln angeschraubt. Dann wird die größere Spule über die andere gestülpt und in gleicher Weise fixiert. Sämtliche Leitungen werden im Inneren nach dem Schaltschema in genügendem Abstand verlegt. Ist die Schutzschicht trocken, so kann die Heizung eingeschaltet werden. Nachdem man sich überzeugt hat, daß die Röhren auch warm werden,



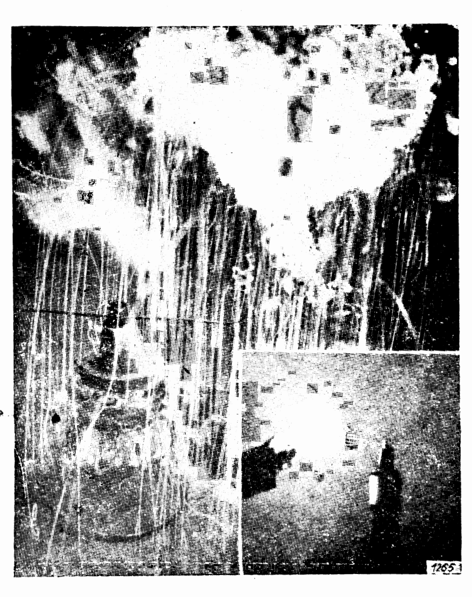
schaltet man nach etwa zehn Sekunden Anheizzeit die Anodenspannung zu. Sollte sich wider Erwarten kein Erfolg zeigen, so werden sämtliche Leitungsführungen überprüft. Wurde hierbei kein Schaltfehler festgestellt, so vertauscht man die beiden Anschlüsse der Gitter oder der Anodenspule.

Material-Liste.

2 Endtrioden (z. B. LD 2) oder eine RL 12 P 35.
Die dazugehörenden Sockeln.
2 Widerstände 2700 Ohm, 10 Watt.
1 Widerstand 40 Ohm, 4 Watt, mit Mittelanzapfung od. 2 Widerstände 20 Ohm, 2 Watt.
1 Widerstand 5000 Ohm, 10 Watt.
1 Kondensator 1000 pF, 1000 Volt.
2 Kondensatoren 500 pF, 1000 Volt.
5 Anschlußklemmen.
2 einpolige Ausschalter.
Draht, Karton usw. nach Beschreibg.

Daten des Netztransformators.

Netzspannung: 110 und 220 Volt.
Sekundärseite: Heizspannung nach den verwendeten Röhren. Anodenspannung 500—700 Volt (Vorsicht!).
Leistung: 60 Watt.
Eisenquerschnitt (Stegbreite mal Paketstärke): 10—11 cm².
Windungszahlen: 110-Volt-Netz 400 Windungen, Drahtdurchmesser 0,5 mm; 220-Volt-Netz plus 400 Windungen, Drahtdurchmesser 0,35 mm; Heizung: 4 Windungen je Volt Heizspannung; Anodenspannung 2000 b. 2500 Windungen, 0,2 mm Drahtdurchmesser.



Dr. Ing. Friedrich Benz

DIE AUSBREITUNG DER ELEKTRISCHEN WELLE

Eine leichtfaßliche Einführung

Die elektrische Welle breitet sich vorwiegend im Raum, und zwar im lufterfüllten oder luftleeren, aber auch längs zweier Leiter, im hohlen oder von Dielektrikum erfüllten Metallrohr und schließlich auch in isolierenden Medien, z. B. in schlecht leitender Erde, aus.

Am häufigsten wird die elektrische Welle zur Nachrichtenübertragung im Luftraum benützt. Wir wollen daher auch zunächst unser Augenmerk ihrer Ausbreitung im Luftraum zuwenden. Zur Erzeugung dient eine Hochfrequenzquelle. Ihre Energie wird einer sogenannten Antenne zugeführt. Im allgemeinen besteht diese aus einem oder mehreren Drähten. Die einfachste Antennenform ist die kapazitive. Die Hochfrequenzspannung ist an die Beläge eines Kondensators angeschlossen. Ist der Abstand der Platten gering, so bildet sich im Innern des Kondensators ein gleichartiges elektrisches Welchselfeld aus. Sitz der elektrischen Energie ist der Raum zwischen den beiden Platten, das sogenannte Dielektrikum. Hier wird jedes Teilchen unter dem Einfluß der Wechselspannung ständig in einen elektrischen Spannungszustand versetzt. Der Kondensator wird einmal aufgeladen, damit auch die im Innern befindlichen Teilchen. Bei der Entladung geben sie wieder ihre elektrische Energie den Platten und damit der Stromquelle zurück. Ist jedoch der Abstand zwischen den Platten ein großer und auch die Frequenz des Wechselstromes eine hohe, so bleibt für die Entladung eines jeden geladenen elektrischen Teilchens nur eine kurze Zeit. Es kann daher dann vorkommen, daß die den einzelnen Teilchen zugeführten Ladungen nicht mehr zur Gänze an die Platten zurückgelangen können. Ihre Energie wird daher an Nachbarteilchen des Raumes weitergegeben und kommt so zur Ausstrahlung. Eine Theorie über die Ausbreitung der elektrischen Welle wurde von Faraday und Maxwell[1]) entwickelt und ist dann von Hertz[2]) weiter ausgebaut worden. Hertz hat seine Berechnungen auch durch Versuche bestätigt. Um einen Kondensator mit genügend großer Dielektrikumslänge zu erhalten, wurde nach Hertz dem Kondensator die Form eines gestreckten Drahtes, der in der Mitte seine Spannungsquelle erhält, gegeben. Ein solcher zur Ausstrahlung elektrischer Energie geeigneter Kondensator heißt, wenn er die Form der Abb. 1 hat, Hertzsche „Dipolantenne". Voraussetzung dafür, daß sie eine elektrische Welle ausstrahlt, ist, daß sie mindestens einige Zehntel der Länge der zur Ausstrahlung gelangenden Wellenlänge hat. Im allgemeinen macht man sie gleich der halben Wellenlänge.

Bild 1: Dipolantenne — Bild 2: Marconi-Antenne

Legt man durch die Mitte der Dipol-Antenne eine leitende Ebene senkrecht zur Antenne, so teilt man damit diese in zwei völlig gleiche Antennenhälften, von denen jede für sich allein bestehen könnte. Demnach ist auch eine Antenne von der Form eines vertikal zur Erdoberfläche stehenden Drahtes möglich, wenn, wie Abbildung 2 zeigt, zwischen Antenne und Erdoberfläche am Fußpunkt die Energiequelle eingeschaltet ist. Eine solche Antenne nennt man nach ihrem Erfinder eine „Marconi-Antenne". Die Erdoberfläche ist dabei als sehr guter Leiter angenommen. Die Ausbreitung der elektrischen Welle erfolgt vorwiegend senkrecht zum Leiter, also längs der Erdoberfläche. An einem in größerer Entfernung befindlichen Beobachtungspunkt kann das Eintreffen der elektrischen Welle festgestellt werden. Ihre Geschwindigkeit ist gleich der Lichtgeschwindigkeit, also 300.000 km pro Sekunde, die Richtung der elektrischen Kraft steht senkrecht dazu, nämlich parallel zur Antenne. Wieder senkrecht zu beiden Richtungen, nämlich zur Fortpflanzungsrichtung und der elektrischen Kraftlinienrichtung, steht die Richtung der magnetischen Kraftlinien, die also die Antenne in großen, parallel zur Erdoberfläche verlaufenden Kreisen umschließen. Sitz der elektrischen Energie ist sowohl die elektrische wie auch magnetische Kraftlinie. Ihre Energiebeträge sind im Raum bei genügender Entfernung von jedem Leiter einander gleich. Es genügt daher die Kenntnis der Stärke der elektrischen Kraftlinie allein. Sie wird als elektrische Feldstärke E bezeichnet und im allgemeinen in Volt oder Millivolt pro Meter gemessen. Demnach bedeutet eine Feldstärke von z. B. 1 Millivolt pro Meter, daß an der Beobachtungsstelle im Raum in Richtung der elektrischen Kraftlinien über eine Strecke von einem Meter ein Spannungsgefälle von einem Millivolt auftritt. Diese Spannung dient dann auch zur Erzeugung der elektromotorischen Kraft der Empfangsantenne.*)

Es ist selbstverständlich, daß die Ausbreitung der elektrischen Energie durch Leistungsentzug aus dem Sender vor sich geht. Da ein Kondensator keinen Leistungsverbrauch bedingt, muß man sich zur Deckung der Leistungsabgabe des Senders in der Antenne eine Reihenschaltung eines Widerstandes, des sogenannten Strahlungswiderstandes Rs mit der Antenne vorstellen. Er ist ein Maß für die Strahlungsfähigkeit einer Antenne.**)

Andere Antennenformen sind z. B. die T-Antenne (Abbildung 3) und die L-Antenne (Abbildung 4). Sie sind als Marconi-Antennen mit erhöhter Endkapazität aufzufassen.

Die moderne Antennentechnik hat noch verschiedene Antennenformen herausgebracht, die im allgemeinen eine geringe, vielfach aber auch eine besonders große Richtwirkung aufweisen sollen (Richtantennen). Man

*) Für den Zusammenhang zwischen Antennenleistung und Empfangsfeldstärke dient folgende Gleichung:

$$E = Z_0 \frac{J h}{\lambda r} \quad \text{oder} \quad E = 9{,}5 \frac{\sqrt{N}}{r}, \qquad (1)$$

dabei bedeutet E die Feldstärke in Millivolt pro Meter, N die Sendeleistung in Watt und r die Entfernung in km zwischen Sender und Empfänger. Weiter ist J der Antennenstrom in A. Dabei wird Rs in Ohm erhalten, wenn Zo, eine Konstante, nämlich 377 Ohm, h die sog. effektive Antennenhöhe (bei der Marconi-Antenne das 0,64fache der Antennenhöhe), l die sog. effektive Antennenlänge (bei der Dipolantenne ebenfalls das 0,64fache der Dipollänge) und λ die Wellenlänge bedeutet. h, l und r wird dabei in *m* angegeben,

**) Rs beträgt für die Dipolantenne rund

$$Rs = \frac{2}{3}\,\pi\, Zo \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 = 788 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \Omega, \qquad (2)$$

für die Marconi-Antenne angenähert

$$Rs = \frac{4}{3}\,\pi\, Zo \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 = 1576 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 \Omega. \qquad (3)$$

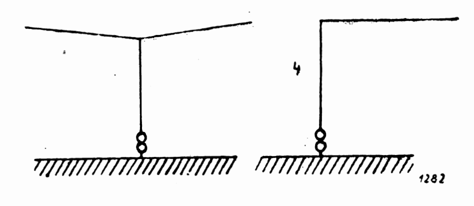


Bild 3: T-Antenne — Bild 4: L-Antenne

erhält sie meist durch Zusammensetzung mehrerer Antennen oder durch Anordnung von reflektierenden Flächen oder Antennen, sogenannten Reflektoren. Sie ergeben eine bestimmte „Bündelung", die bei gleicher Antennenleistung in der gleichen Entfernung eine höhere Feldstärke hervorruft, als mit einer Dipol-Antenne zu erhalten gewesen wäre. Die Erhöhung der Feldstärke wird als „Gewinn" bezeichnet.

Ein und dieselbe Antenne kann ebenso gut als Empfangs- wie als Sendeantenne verwendet werden. Die Begriffe Strahlungswiderstand, Bündelung und Gewinn behalten auch bei Verwendung als Empfangsantenne ihre Gültigkeit.

Die die Antenne verlassende elektrische Welle breitet sich in den durch die Richtwirkung der Antenne bestimmten Richtungen aus, insbesondere längs des Erdbodens als sogenannte „Bodenwelle" oder durch den Raum als „Raumwelle". Da Sender und Empfänger sich im allgemeinen auf dem Boden befinden, wird man zunächst annehmen müssen, daß vor allem die Bodenwelle zur Uebertragung der elektrischen Energie dient. Sie soll daher zunächst einer näheren Untersuchung unterzogen werden. Wäre die Erde ein vollkommener Leiter und ihre Oberfläche nicht gekrümmt, so würde sich eine lineare Abnahme der Feldstärke ergeben. Die endliche Bodenleitfähigkeit verursacht jedoch zusammen mit der Dielektrizitätskonstante des Bodens eine stärkere Feldstärkenabnahme als durch Gleichung (1) gegeben ist. Grundsätzlich breitet sich die elektrische Welle geradlinig fort. Aehnlich wie beim Licht können aber an den Grenzflächen Beugungserscheinungen auftreten. Diese sind die Ursache der Ausbreitung über a. gekrümmte Erde.

Als erster hat Austin[3]) eine empirische Ausbreitungsformel für die elektrische Welle aufgestellt.***)

Von Sommerfeld[4]) und Burrows[5]) wurde eine Theorie über die Ausbreitung der elektrischen Welle längs der nicht gekrümmten Erde aufgestellt.

Eine ausführliche Theorie bis zur numerischen Berechnung für alle Wellen wurde von van der Pol und Bremmer[6]) ausgearbeitet. Sie ergibt eine stärkere Feldschwächung als nach Sommerfeld und Burrows.

Eine weitere Formel, die sowohl den Gültigkeitsbereich der Burrowsschen, der van der Polschen und des dazwischen liegenden Bereiches durch Interpolation mit ziemlicher Genauigkeit erfaßt, wurde von Benz[7]) angegeben.****)

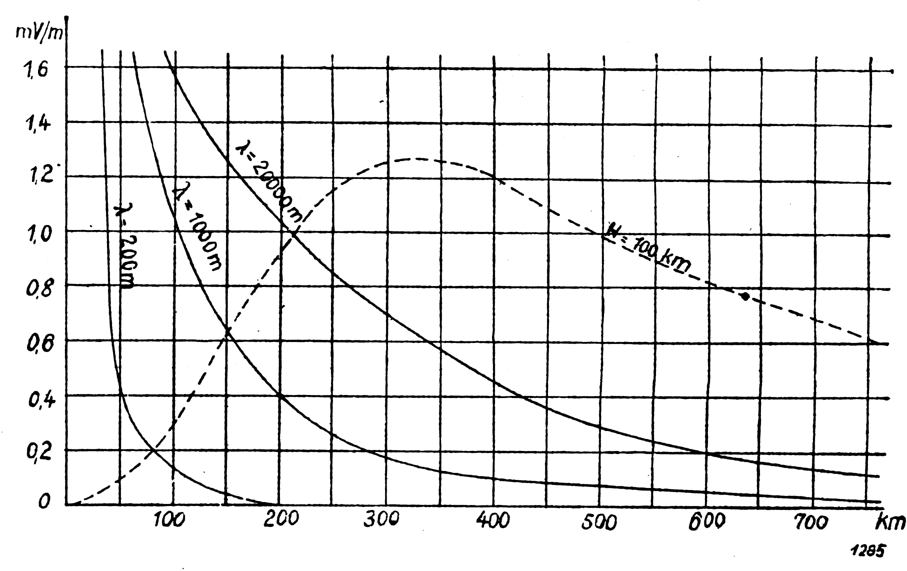


Bild 5: Feldstärkenverlauf der Bodenwelle eines 1-kW-Senders bei verschiedenen Wellenlängen und bei gut leitendem Boden (dick ausgezogen). Feldstärkeverlauf der von der E-Schicht (H = 100 *km*) einmal reflektierten Raumwelle (gestrichelt), gültig bei allen Wellen

Den Verlauf der Feldstärkenabnahme mit zunehmender Entfernung zeigt Abbildung 5.

Wie man aus Abbildung 5 sieht, ist die Reichweite der Bodenwelle bei Mittelwellen und Kurzwellen nur gering. Größere Entfernungen lassen sich mit Hilfe von Raumwellen leichter überbrücken. Schon nach wenigen Metern Höhe nimmt der absorbierende Einfluß des Bodens stark ab. Dadurch genügt es, Sender und Empfänger entsprechend erhöht aufzustellen, um eine Verbindung durch Raumwellen zu erhalten. Dies macht bei Ultrakurzwellen keinerlei Schwierigkeiten, ist jedoch bei Mittel- und Langwellen undurchführbar. Die Raumwellenverbindung zwischen zwei Sendern, die auf Türmen untergebracht sind, deutet Abbildung 6 an. Die Welle breitet sich allerdings nicht nur direkt aus, sondern es gelangt auch eine vom Erdboden reflektierte zum Empfänger. Durch die Reflexion entsteht nun Gegenphasigkeit zwischen beiden Wellenzügen und man erhält bei geringem Wegunterschied nahezu eine Auslöschung des Empfanges. Um diese zu vermeiden, ist daher eine höhere Aufstellung von Sender und Empfänger notwendig. Eine gute Raumwellenverbindung wird im allgemeinen zwischen Bergspitzen oder Boden und Flugzeug erreichbar sein.

Aber auch bei der Uebertragung von Mittel- und Kurzwellen über größere Entfernungen zwischen Bodenstationen spielt die Raumwelle eine nicht unwesentliche Rolle. Denn in großer Höhe über der Erde befindet sich eine zur Erdoberfläche angenähert parallel liegende leitende Schicht, die nach ihrem Entdecker sogenannte Heavisideschicht). Eine elektrische Welle kann auf ihrem Wege vom Sender zum Empfänger zunächst zu dieser Schicht gelangen und wird dann von ihr in Richtung zum Empfänger zurückgeworfen.

Wegen ihrer großen Bedeutung für die Funkübertragung müssen wir uns daher ein wenig mit der Theorie und Entstehung dieser Schicht beschäftigen.

Die Sonne strahlt bekanntlich neben Lichtwellen in großem Maße auch Ultraviolett aus. Trifft dieses auf die Atmosphäre, so wird es in Ionen, d. s. elektrisch geladene Teilchen gespalten. Die Stärke der Ionisation hängt nicht allein von der chemischen Beschaffenheit der Atmosphäre ab — in größerer Höhe sinkt bekanntlich der Sauerstoffgehalt immer mehr — sondern wird vor allem durch die Stärke der Strahlendichte des Ultraviolett bestimmt. In ganz großer Höhe ist zwar die Strahlendichte groß, die Atmosphäre aber dünn, d. h. arm an Molekülen, die Ionisationsdichte ist daher nur gering. Mit zunehmender Molekülzahl nimmt demnach die Ionisation zu. Nach einer gewissen Eindringtiefe ist aber die Intensität des Ultraviolett so stark zurückgegangen, daß trotz weiterer Erhöhung des Luftdruckes keine Zunahme, sondern wieder eine Abnahme der Ionisation auftritt. Die Ionisation erstreckt sich daher jeweils nur über dünne Schichten. Die erste, also oberste, scheint durch Ionisation des Stickstoffes bedingt zu sein und ist selbst wieder in zwei Teile aufgespalten, die als F_1- und F_2-Schicht bezeichnet werden. Sie liegen in 200 bis 500 km Höhe. Nach einer gewissen Entfernung folgt nun die zweite Ionisationsschicht, die sogenannte E-Schicht, deren größte Intensität in angenähert 100 km Höhe liegt.

Wegen ihrer Bedeutung für den Funkverkehr ist die Ionisationsschicht im Laufe der letzten Jahre reichlich durchforscht worden. Vor allem hat

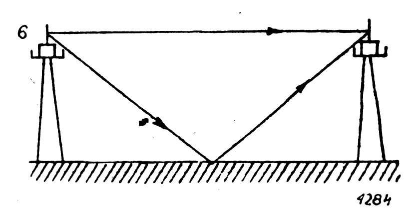


Bild 6: Direkter und reflektierter Strahl

***) $$E = Z_0 \frac{J \cdot h}{\lambda r} e^{-\alpha r/\sqrt{\lambda}} \qquad (4)$$

Man erhält die Feldstärke in Volt pro Meter, wenn h und λ in *m* und r in *km* eingesetzt wird. J ist der Antennenstrom in Amper. Für See findet Austin für die Konstante α 0,047.

****) Es ist

$$E = Z_0 \frac{J h}{\lambda r} \sqrt{\alpha^2 r + \left(\frac{b}{b + r}\right)^2} \cdot e^{-\beta r} \qquad (5)$$

wobei α, b, β aus den oben genannten Berechnungen erhältliche Konstante bedeuten.

die Beobachtung ergeben, daß die Intensität wesentlich von der Sonnenbestrahlung abhängt. Bei Tag und im Sommer ist sie stärker. Während der Nacht findet eine Entladung der Ionen, eine sogenannte „Rekombination", statt. Wesentlichen Einfluß auf die Ionisation haben die Sonnenflecken durch die von ihnen emittierten Strahlen.

Die Rückführung der zur Heavisideschicht gelangenden elektr. Welle ist durch Brechung zu erklären. Versuche haben ergeben, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Welle im ionisierten Gas größer als im Luftraum ist.[9]) Dadurch erfolgt eine Brechung vom Lot. Da die Ionisation mit zunehmender Höhe immer größer wird, wird die Welle immer stärker gebrochen, so daß sie nach Zurücklegen eines Bogenstückes in der Heavisideschicht wieder etwa unter dem gleichen Winkel zur Erde zurückgeführt wird. Man erhält dadurch, im großen gesehen, das gleiche Bild wie bei einer „Reflexion" durch die Heavisideschicht.

Bei nicht zu großen Entfernungen genügt eine einmalige Reflexion. Ist die Entfernung zwischen Sender und Empfänger sehr groß, z. B. 10.000 Kilometer, so ist es ausgeschlossen, daß die Welle in dem schmalen Raum zwischen Erde und Heavisideschicht bei einmaliger Reflexion vom Sender zum Empfänger gelangen kann. Zur Erklärung der Ueberbrükkung dieser Entfernungen durch die Raumwelle sind vielmehr zwei Annahmen möglich: Die Welle wird zur Heavisideschicht hinaufgestrahlt, gleitet ihr entlang oder bewegt sich innerhalb derselben bis in die Nähe des Empfängers, um dann zur Erde zurückgeführt zu werden.[10]) Eine andere Annahme ist, daß die Welle zunächst die Heavisideschicht trifft, von ihr reflektiert, wieder durch Reflexion seitens der Erde zu ihr zurückgelangt, von ihr nochmals reflektiert wird usw., kurz, wie Abb. 7 zeigt, eine Zickzackbewegung ausführt.[11]) Die letztere Annahme wird heute als die richtige angesehen, weil eine Gleitwelle längs bzw. in der Heavisideschicht einer zu großen Absorption unterworfen wäre.

Die durch diese Zickzackbewegungen erreichbaren Reichweiten sind erstaunlich groß. Es hat sich gezeigt, daß die Welle nicht nur auf dem kürzesten Wege vom Sender zum Empfänger (direktes Zeichen), sondern auch in umgekehrter Richtung zum Empfänger gelangt (rückwärtiger Großkreisweg: erstes Rückwärtszeichen). Durch den Gangunterschied zwischen den beiden Wellenbewegungen ergeben sich somit sogenannte Doppelzeichen. Die Beobachtung von Mehrfachzeichen läßt aber sogar den Schluß zu, daß die Welle auch mehrmals um die Erde herumlaufen kann.

Abbildung 7 gibt einen Vergleich zwischen der durch die Bodenwelle bzw. Raumwelle unter der Annahme der mehrmaligen Reflexion durch die E-Schicht bedingten Feldstärke bei verschiedenen Wellenlängen. Man erkennt die außerordentliche Ueberlegenheit der Raumwelle.[12]) Doch wer-

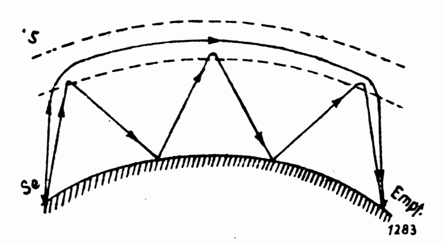


Bild 7: Zickzackreflexion und Gleitwelle

den nicht alle Wellen von der Heavisideschicht reflektiert und auch soweit eine Welle eine solche erfährt, treten doch auch mitunter beträchtliche zeitliche Verschiedenheiten auf.

Bei Langwellen erhält man im allgemeinen nur geringfügige Reflexion, so daß nur mit der Oberflächenwelle zu rechnen ist.

Bei Mittelwellen überwiegt im allgemeinen schon nach 100 km die Intensität der Raumwelle. Trotzdem bevorzugt man für die Rundfunkübertragung die Verwendung von Antennen, die eine Raumstrahlung möglichst unterbinden, weil diese eine beträchtliche Unregelmäßigkeit der Empfangslautstärke, den sogenannten „Schwund" oder „Fading" zur Folge hat. Die Rekombination der Ionen bedingt eine Verschiebung der unteren Begrenzungsfläche der Heavisideschicht zur Nachtzeit nach oben. Dadurch erklärt sich die erhöhte Reichweite der Rundfunkwelle zu dieser Zeit.

Wie Abb. 7 zeigt, gibt es in der Entfernung von etwa 100 km oder etwas darunter ein Gebiet, in dem die Bodenwelle schon sehr an Stärke abgenommen, die Raumwelle aber noch geringe Intensität hat. Dies führt zur sogenannten „toten Zone", d. h. einem Gebiet geringer Empfangslautstärke. Hier sind überdies Raumwelle und Bodenwelle an Stärke einander angenähert gleich. Treffen sie an dem dort befindlichen Empfänger mit gleicher Phase ein, so entsteht eine erhöhte Lautstärke, bei Gegenphasigkeit jedoch nahezu ein völliges Auslöschen. Dies führt somit zu einem besonders starken Schwund in diesem Gebiet. Aber auch in größerer Entfernung können noch beträchtliche Schwunderscheinungen zustandekommen. Sie sind auf eine Ueberlagerung der Raumwellenzüge zurückzuführen.

Die genannten Schwunderscheinungen werden als „Interferenzschwund" bezeichnet. Daneben gibt es noch den sogen. „Absorptionsschwund". Er ist auf eine plötzliche Veränderung der Reflexionserscheinungen bzw. Absorption durch die Heavisideschicht zurückzuführen. Er wird als „Absorptionsschwund" bezeichnet. Sehr kurzzeitige Schwund-Erscheinungen, die Empfangsunterbrechungen von oft nur Bruchteilen von Sekunden bedingen, werden Mögel-Dellinger-Effekt oder „Kurzschwund" genannt.[13])

Bei Kurzwellen rückt die tote Zone, bei der die Intensität der Bodenwelle bereits sehr gering geworden ist, aber noch keine genügende Reflexion durch die Heavisideschicht für die Raumwelle stattfindet, bereits in beträchtliche Nähe des Empfängers. So wurden im 50- und 60-m-Band tote Zonen in wenigen km Entfernung vom Sender beobachtet.[15]) Während ein Empfang entfernter Stationen beobachtet wird, ist die in geringer Entfernung auf dem gleichen Band arbeitende nahe Station nicht zu hören.

Will man geringe Entfernungen mit Kurzwellen überbrücken, so ist es empfehlenswert, gleich von vornherein nur mit einer Nutzbarmachung der Raumwelle zu rechnen und die Antennen so anzuordnen, daß auch eine Vertikalstrahlung möglich ist, denn die Welle legt im allgemeinen leichter den etwa 200 km langen Weg vom Sender zur Heavisideschicht und zur Erde als den direkten Weg von wenigen km längs der Erdoberfläche zurück. Aus diesem Grunde wird die Anordnung eines horizontalen Dipols gegenüber einem vertikalen vorgezogen.

Die verschiedenen Reflexionseigenschaften der Heavisideschicht bei den verschiedenen Kurzwellenlängen führt zu einer Unterscheidung zwischen Tages-, Uebergangs- u. Nacht-

Industrieberichte:

Henry-Radio

Die Firma **Henry** bringt zur Messe ihre, in Fachkreisen weit bekannten Erzeugnisse, unter denen zwei Neuentwicklungen besonders auffallen. Es sind dies die Verstärkerendstufe HE 40, die eine Leistung von etwa 40 Watt, und die Endstufe HE 70 mit rund 70 Watt Leistung. Beide Teile werden als fertige Zusatzgeräte im Gehäuse geliefert. Unter den bekannten Geräten sind noch der Verstärker HV 253, ein Triodenverstärker mit 25 Watt Leistung, der Verstärkerschrank HSV/2—40, mit zweimal je 40 Watt und ein Steuerverstärker HSTV 47 mit 4 Watt Leistung zu erwähnen. Alle diese Geräte sind für Wechselstrom gebaut, wodurch sie gerade an die vorhandene Netzspannung weitgehend angepaßt werden können, ohne daß durch Vorwiderstände ein Leistungsverlust in Kauf genommen werden muß.

Für Tonkinos ist weiter ein kompletter Kinoverstärker „Orchestra", der samt Netzgerät geliefert wird, interessant, wie auch die Tatsache, daß eigene Lautsprecherkombinationen zur Verfügung stehen. Diese enthalten je einen Tiefton-Lautsprecher mit reichlich dimensionierter Schallwand und zur Wiedergabe der hohen Lagen einen Lautsprecher mit Falthorn in Sonderausführung. Daneben sind auch diverse Lautsprecher und Großlautsprecher zu 3, 4, 10 und 25 Watt lieferbar.

Ein dynamisches Mikrophon HM II mit Tisch- und Ausziehstativ, Mikrophontransformatoren und -verstärker, Wandstrahlkassetten, Ein- und Aus-Ausgangs-Umschaltgeräte sowie ganz neue dynamische Lautsprecherdosen beschließen den Reigen.

wellen für kleine und große Entfernungen.[14])

Wellen unter 10 m werden im allgemeinen nicht mehr von der Heavisideschicht reflektiert.

Untenstehende Zahlentafel gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Wellenlängen an.

Die immer größer werdende Bedeutung der Ultrakurzwellen machte auch eine genaue Untersuchung ihrer Ausbreitungs-Erscheinungen notwendig. Da eine Reflexion durch die Heavisideschicht nur in seltenen Ausnahmsfällen auftritt, kann nur mit einer Ausbreitung auf Sicht gerechnet werden. Will man daher eine Uebertragung auf größere Entfernung erreichen, so muß die Krümmung der Erde in Betracht gezogen werden. Empfangs- und Sendestation müssen deshalb auf Türmen oder Bergen aufgestellt werden. Für die Reichweite erhält man

$$r = 3{,}57 \cdot K \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right),$$

wenn r die Entfernung in km, h_1 bzw. h_2 die Höhe der Empfangs- bzw. Sendestation in m bedeutet. K ist *eine* Konstante, die eine erhöhte Reichweite infolge von Beugungserscheinungen bedingt. Man kann mit einem Wert von 1,15 bis 1,2 rechnen.

Besonders in einem Gebirgsland, wie es Oesterreich ist, ergeben sich durch die Aufstellung von Relaisstationen auf erhöhten Punkten Möglichkeiten für die Uebertragung breiter Frequenzbänder mit Hilfe sehr kurzer Wellen. Eine einzige Sendeverbindung, natürlich mit der nötigen Anzahl von Relaisstationen, würde genügen, um viele hundert Gespräche gleichzeitig mit einer Fernseh-Sendung zu übertragen.

Schon dieses eine Beispiel zeigt, wie notwendig und wertvoll das Studium der Ausbreitungserscheinungen der elektrischen Welle ist. Es ist selbstverständlich, daß durch die richtige Wahl der Wellenlängen viel an Kosten gespart und an Betriebssicherheit gewonnen wird. Die Kenntnis der Ausbreitungsverhältnisse ist daher für die Aufstellung neuer Sender von größter Wichtigkeit. Vor der Errichtung des Bisamberg-Senders wurden seinerzeit unter der Leitung von Dir. Schwaiger von der Ravag monatelang Reichweite-Untersuchungen mit fahrbaren Versuchssendern durchgeführt.

Die verschiedenen Ausbreitungsverhältnisse der verschiedenen Frequenzen bedingen aber auch Verzerrungen, wenn die Seitenbänder eines Senders nicht gleichmäßig übertragen werden. Besonders bei Fernsehsendungen kann dies zu beträchtlichen Empfangsstörungen führen.

Es läßt sich keineswegs behaupten, daß die Erforschung der Ausbreitungsverhältnisse insbesondere der Ionosphäre, in der die Heavisideschicht gelegen ist, als abgeschlossen zu bezeichnen wäre. Gerade die Ausbreitungsverhältnisse im Gebirge können als reizvolles Problem für die Forschung angesehen werden.[15]) Es ist zu begrüßen, daß der Oesterreichische Versuchssenderverband seine Mitglieder zur Mitarbeit am Studium der Empfangsverhältnisse herangezogen hat und erfreulich, daß bereits eine Reihe interessanter Berichte vorliegen.

1) C. Maxwell: A treatise on electricity and magnetism. Okford 1873.
2) H. Hertz: Wied. Ann. **36**, 1 (1883)
3) L. W. Austin: Jb. d. drahtl. Tel. **5**, 75 (1912)
4) A. Sommerfeld: Ann. Phys. **28**, 665 (1909)
5) C. R. Burrows: Bell. Syst. Tech. Jour. **16**, 45 (1937)
6) B. v. d. Pol u. H. Bremmer: Hochfrequenzt. **51**, 181 (1938)
7) F. Benz: Einführung in die Funktechnik, 3. Aufl., S. 463 (1944)
8) O. Heaviside: Encycl. Brit. **33** (1902)
9) L. Bergmann u. W. Düring: Ann. Phys. **1**, 1041 (1929)
10) O. V. Schmidt: Z. Techn. Phys. **17**, 443 (1936)
11) E. Schüttlöffel: VDE-Fachber. 11, 1 (1939)
12) O. Böhm: Telefunkenzeitung **12**, 57, 20 (1931)
13) J. H. Dellinger: Electronics **9**, 25 (1936)
14) E. Quäck u. H. Mögel: ENT 5 (1928)
15) F. Benz: Mitt. des Techn. Versuchsamtes

Zahlentafel.

Lange Wellen	1000 bis 30.000 m	Ausbreitung ausschließlich als Bodenwelle. Raumwelle nachweisbar. Reichweite mit zunehmender Wellenlänge zunehmend.
Mittlere Wellen	500 bis 1000 m	Ausbreitung vorwiegend als Bodenwelle. Nachts auch starke Raumwelle.
	200 bis 500 m	Bei Entfernungen um 100 km übersteigt meist die Intensität der Raumwelle jene der Bodenwelle. Reichweite bei Nacht größer als bei Tag.
	100 bis 200 m	Bei Entfernungen über 20 bis 50 km übersteigt die Intensität der Raumwelle jene der Bodenwelle.
Kurzwellen	10 bis 100 m 70 bis 100 m 60 bis 70 m 40 bis 60 m 40 bis 60 m 20 bis 40 m 10 bis 20 m	Ausbreitung bereits nach wenigen km überwiegend als Raumwelle. Nachtwellen für Entf. bis 1000 km. Uebergangswelle f. Entf. b. 1000 km. Tageswellen für Entf. bis 1000 km. Nachtwellen für Entf. über 1000 km. Uebergangswelle f. Entf. ü. 1000 km. Tageswellen für Entf. über 1000 km.
Ultrakurzwellen	1 bis 10 m	Nur Raumwellen. Von seltenen Ausnahmsfällen abgesehen, keine Reflexion durch die Heavisideschicht. Reichweite fast nur auf „Sicht“ infolge Erdkrümmung.
Dezimeterwellen	10 bis 100 cm	Nur Raumwellen, nur auf Sicht.
Zentimeterwellen	1 bis 10 cm	Nur Raumwellen, nur auf Sicht, leicht zu bündeln, Ausbreitung wie Licht.
Millimeterwellen	1 bis 10 mm	Ausbreitung wie Licht, leicht zu bündeln. Derzeit wenig in Verwendung, da nur geringe Leistungen erreichbar und keine empfindlichen Empfangsgeräte vorhanden.

Radioaktive Isotopen werden hergestellt

Radioisotope sind radioaktive Formen gewöhnlicher Elemente, die dieselben chemischen Eigenschaften, aber verschiedene Atomgewichte haben. Solche Isotope, die bisher nur in kleinen Mengen in sogenannten Atom-Zertrümmerungs-Maschinen erzeugt worden sind, werden jetzt in größerem Maßstab in einer Reihe großer amerikanischer Laboratorien fabriziert. Das größte und bekannteste dieser Radioisotop-Werke sind die Clinton Laboratoires in Oak Ridge, Tennessee, die von der Monsanto Chemical Company für die amerikanische Regierung betrieben werden. Die Clinton-Laboratorien sind eines der Werke des Manhattan Engineer District, der die Atombombe entwickelt hat, und sie sind eines der vielen amerikanischen Kriegsunternehmen, die nunmehr auf Friedenserzeugnisse zum Nutzen der Allgemeinheit umgestellt werden. In Chicago und Pasco, Washington, sind andere große Laboratorien, in denen ebenfalls durch ein „Bombardement“ mit Neutronen in der sogenannten Uran-Säule Kettenreaktionen hervorgerufen werden, mit deren Hilfe Isotope hergestellt werden, die wissenschaftlichen Instituten für medizinische, biologische und andere Forschungszwecke zur Verfügung gestellt werden.

Jedes Element kann in einer Reihe solcher Isotope (oder Schwesterformen) vorkommen, die sich voneinander durch den verschiedenen Aufbau ihrer Atomkerne unterscheiden. Die die Kerne umkreisenden Elektronen sind jedoch gleichartig angeordnet und deshalb verhalten sich alle Isotope eines Elementes chemisch gleich, gleichgültig ob sie radioaktiv sind oder nicht.

Radioaktive Isotope mancher Elemente kommen in der Natur neben ihren stabilen Schwesterformen vor. Außerdem hat man, insbesondere durch ausgedehnte Forschung auf diesem Gebiete in der Kriegszeit, gelernt, radioaktive Isotope künstlich herzustellen. Dies kann, außer in Atomzertrümmerungsapparaten, in den sogenannten Säulen oder Atom-Reaktoren geschehen, die den Säulen ähnlich sind, in denen aus Uran-238 radioaktives Uran-235 oder Plutonium für Atombomben oder nützlichere Zwecke gewonnen wird. In allen Fällen handelt es sich um eine „Beschießung“ des betreffenden Elementes mit Kernpartikeln, etwa Neutronen oder durchdringenden Strahlen, durch die die Kernstruktur aus einer stabilen in eine instabile Form umgewandelt wird.

Radioaktive Isotope verhalten sich, wie gesagt, bei allen chemischen Prozessen wie ihre neutralen Schwestern, ob es sich nun um Reaktionen im Laboratorium oder in der Fabrik handelt oder um chemische Veränderungen, die beim pflanzlichen oder tierischen Stoffwechsel oder bei gewissen Krankheiten auftreten. Wegen ihrer Radioaktivität können jedoch Radicisotope während solcher Prozesse auf Schritt und Tritt verfolgt werden und diese Eigenschaft wird für Forschungen auf vielen Gebieten der Wissenschaft ausgenutzt. Ein durch Radioaktivierung „etikettiertes“ Isotop sendet Strahlen aus, die in Elektroskopen oder Geiger-Zählern empfangen und aufgezeichnet werden können, so daß es auf seinem Lebensweg verfolgt werden kann wie ein mit einem Ring versehener Zugvogel oder Fisch.

In den Clinton-Laboratorien werden Radioisotope in Säulen hergestellt, nicht in großen elektronischen Maschinen wie Cyclotrons, Betatrons oder Synchotrons. In dieser „Fabrik“ sieht man deshalb keine Hunderte oder Tausende von Tonnen schweren Elektro-Magnete, keine komplizierten Apparaturen, abgesehen von Meß- und Beobachtungsinstrumenten und den Anlagen für die Fernsteuerung der im Inneren der Säule und der sogenannten „heißen“ Laboratorien stattfindenden Prozesse. Denn das Charakteristische für eine solche Fabrik ist, daß die meisten Vorgänge aus der Ferne eingeleitet, aufrechterhalten und abgebrochen werden und dadurch unterscheidet sich eine solche Fabrik von allen anderen. Atomkern-„Beschießungen“ müssen hinter dicken Beton- oder Metallwandungen erfolgen und das gilt auch für viele Stufen der Weiterverarbeitung der in der Säule gewonnenen Produkte, weil die bei diesen Vorgängen auftretenden Strahlungen gesundheitsschädlich oder gar lebensgefährlich sind.

Kein wissenschaftlicher oder anderer Arbeiter darf mit radioaktivem Material in Berührung kommen, dessen Strahlung ausgesetzt sein oder auch nur Spuren davon an seinem Körper oder seiner Kleidung haben. Jeder Arbeiter trägt neben seiner Erkennungsmarke ein kleines Futteral mit einem strahlungsempfindlichen Film, der sich verfärbt, so bald er von radioaktiver Strahlung getroffen wird, und der laufend auf Verfärbungen geprüft wird, die anzeigen, daß der Träger bei seiner Arbeit einem vielleicht noch nicht gefährlichen, aber doch verdächtigen Strahlungsbetrag ausgesetzt war. In den Taschen ihrer Arbeitskleidung tragen diese Arbeiter winzige Meßgeräte, nicht größer als ein Bleistift, auf denen sie jederzeit die Strahlungsmenge ablesen können, der sie ausgesetzt sind.

Kein bei der Arbeit getragenes Kleidungsstück darf ungereinigt die Fabrik verlassen. Die Werkschuhe, deren Kappen zur Kenntlichmachung weiß angestrichen sind, müssen im Werk zurückgelassen werden. Die Arbeiter sind sogar besonderen sanitären Vorschriften in bezug auf ihre Eß-„Manieren“ unterworfen. Jedes bißchen Abfall, selbst der Kehricht, wird auf Radioaktivität untersucht; denn selbst das kleinste Teilchen radioaktiven Materials könnte noch nach Jahren Schaden anrichten. Eine in der Fabrik gefundene tote Ratte darf, falls mit einem Meßgerät radioaktive Partikel in ihr nachgewiesen werden, nicht begraben werden, sondern muß unter besonderen Vorsichtsmaßnahmen verbrannt werden.

So sind nicht nur Wesen und Aussehen einer Radioisotope-Fabrik ganz anders als das einer Fabrik, wie wir sie kennen, sondern auch die Arbeitsbedingungen. Jeder Arbeiter in einem solchen Werk hat nicht nur das Recht, sondern sogar die Pflicht, sich als möglichen Todeskandidaten zu betrachten, der, wenn er nachlässig ist, nicht nur sich selbst, sondern auch seine Mitmenschen gefährdet. Das setzt einen hohen Grad von Verantwortungsbewußtsein voraus. In den vielen amerikanischen Laboratorien, in denen seit Jahren mit zum Teil hoch radioaktiven Stoffen gearbeitet wird, ist, abgesehen von einem einzigen Fall, in dem eine Apparatur zerbrochen war, kein Todesfall, nicht einmal ein Fall einer ernsthaften Gesundheitsstörung vorgekommen.

Wenig ist bis heute darüber bekannt geworden — was Einzelheiten betrifft — auf welche Weise in den Säulen größere Mengen radioaktiver Isotope gewonnen werden. Die Vorgänge hinter den starken Beton-Schutzwänden ähneln — in kleinem Maßstab — den Kern-„Beschießungen“ und Kettenreaktionen, durch die aus Uran Plutonium gewonnen wird.

Wenn das radioaktivierte Material unter großen Vorsichtsmaßnahmen dem aus der Säule herausgezogenen Trägerblock entnommen ist, wird es einer Reihe von Reinigungs- und anderen chemischen Behandlungen unterzogen, bis das gewünschte Radioisotop von allen Beimengungen anderer Elemente befreit ist. Manche Erzeugnisse der Säule sind so stark radioaktiv, daß zumindest die ersten Stufen ihrer Weiterverarbeitung in sogenannten „heißen“ Laboratorien vor sich gehen müssen, hinter Betonwänden, die so dick sind, daß keine Strahlung sie durchdringen kann. Alle Bewegungen von Materialien innerhalb der Apparatur oder von mechanischen Teilen der Apparatur werden von außerhalb der Schutzwände gesteuert. Periskopartige Beobachtungsgeräte ermöglichen die laufende Ueberwachung jedes Schrittes der chemischen und mechanischen Weiterverarbeitung.

In den „halbheißen“ und „kalten“ Laboratorien werden weniger stark radioaktive Stoffe weiterverarbeitet. Aber auch hier ist jede Zange durch lange Griffe verlängert, auch hier wird selbst das Umgießen von einem Behälter in einen anderen ferngesteuert, so daß kein Arbeiter jemals mit radioaktiven Stoffen in unmittelbare Berührung kommen kann. Das Wort „Gefahr!“, geschrieben oder ungeschrieben, steht in großen Buchstaben an jeder Wand, jeder Apparatur.

Wer hat Verwendung für die Erzeugnisse der Radioisotope-Fabrik? Wofür werden sie verwendet? Die Meßgeräte, mit denen „etikettierte“ Atome verfolgt und nachgewiesen werden können, sind feinsten Mikroskopen vergleichbar, mit deren Hilfe aber nicht nur winzige Mikroben gefunden werden können, sondern nun-

mehr einzelne Moleküle und Atome. Feinste biologische und medizinische Vorgänge, soweit sie chemischer Natur sind, können, wenn auch nur ein einziges „markiertes“ Atom in sie verwickelt ist, verfolgt werden. Mit Hilfe eines solchen Atom-Mikroskopes können Untersuchungen durchgeführt werden, für die jedes andere Verfahren zu grob wäre. Der Rolle, die Kohlenstoff, Phosphor, Natrium, Schwefel und andere Elemente beim pflanzlichen, tierischen oder menschlichen Stoffwechsel spielen, kann auf diese Weise nachgespürt werden. Jedes einzelne Element kann durch das ganze Labyrinth von chemischen Reaktionen und anderen Verarbeitungs-Prozessen verfolgt werden, denen es in chemischen, metallurgischen und anderen industriellen Arbeitsstätten unterworfen wird.

In einigen wenigen Fällen haben sich solche isotopische „Leuchtkugeln“ nicht nur als atomische Spione, sondern auch als atomische Artillerie nützlich erwiesen, nämlich dadurch, daß sie ihre Umgebung dauernd bestrahlen. Gewisse Formen von Leukämie und andere Blutkrankheiten sind durch diese Art der radioaktiven Bestrahlung günstig beeinflußt worden. Aber die Verwendung radioaktiver Stoffe für therapeutische Zwecke befindet sich noch im ersten Stadium der Entwicklung. Ein paar besonders für diesen Zweck ausgestattete amerikanische Institute, die über einen Stab hochspezialisierter Forscher verfügen, führen augenblicklich derartige Untersuchungen durch. Aber in keinem einzigen Fall ist bis heute eine Kur gefunden worden, die man mit Fug und Recht als ein Heilmittel für eine bestimmte Krankheit bezeichnen kann, und alle sensationellen Berichte dieser Art sollten mit größter Skepsis aufgenommen werden. Der größte Nutzen, den die Menschheit vom Gebrauch der Radioisotope haben wird, wird vermutlich nicht auf dem Gebiete der Therapie liegen, sondern in der Anwendung der Etikettier-Technik bei der Erforschung von Krankheitsursachen und überhaupt von grundlegenden biologischen Lebensvorgängen.

Kürzlich haben die Clinton-Laboratorien die erste Menge radioaktiver Isotope an eine amerikanische Forschungsstätte geliefert in der Form von ein paar erbsengroßen Stücken Kohlenstoff-14 (C-14). Die nicht ganz drei Milligramm wiegenden, winzigen Kügelchen stellen eine Menge von einem Millicurie dar, das ist eine Masse, die in jeder Sekunde 37 Millionen Beta-Teilchen, das heißt hoch beschleunigte Elektronen, ausstrahlt.

Diese erste Lieferung ging an das Barnard-Krankenhaus für Haut- und Krebskrankheiten in St. Louis, für das Studium von Krebs verursachenden Einflüssen. Drei Milligramm ist unendlich wenig, verglichen mit handelsüblichen „Lieferungen“ industrieller Erzeugnisse. Aber es ist sehr viel, gemessen in radioaktiven Atomen. Die Halbzeit von C-14 liegt zwischen 10.000 und 25.000 Jahren, d. h. nach Ablauf dieses Zeitraumes würde diese Menge Kohlenstoff, falls sie inzwischen nicht für Versuche verbraucht sein würde, in jeder Sekunde nur noch halb so viele, also 18,5 Millionen Beta-Teilchen, ausstrahlen, nachdem sie in der Zwischenzeit radioaktive Energie in Gestalt von 10 000 000 000 000 000 000 Elektronen von sich gegeben hat. Diese winzige Menge C-14 ist im übrigen mindestens hundertmal so groß wie die größte, bisher jemals von einem Cyklotron für Forschungszwecke auf einmal gelieferte Menge.

Im St. Louiser Krankenhaus will man versuchen, Bestandteile von Krebs verursachenden Molekülen zu „etikettieren“, um mit Hilfe von Strahlungs-Meßgeräten vielleicht die Frage „Warum verursacht dies Molekül Krebs?“ beantworten zu können. Zu diesem Zweck wird das radioaktive C-14 zuerst für die Herstellung von Kohlensäure-Gas (CO_2), dann von Essigsäure aus CO_2 verwendet werden. Aus der Essigsäure wird schließlich eine Krebs verursachende Chemikalie, 20-Methylcholantren, hergestellt werden. Ein Teil dieses Stoffes wird für das Studium der Chemie Krebs erzeugender Stoffe benutzt werden, der Rest für das der künstlichen Erzeugung von Hautkrebsen bei Mäusen. Man hofft, auf diesem Wege ergründen zu können, wie und wo Krebs erzeugende Moleküle in den Stoffwechsel der Versuchstiere eintreten und welcher Bestandteil des Moleküls in gewisse Teile des tierischen Gewebes eindringt.

Sehr bald werden auch andere Forschungsinstitute Kohlenstoff-14 von den Clinton-Laboratorien erhalten, um geplante Untersuchungen durchführen zu können. Die medizinische Fakultät der University of Pennsylvania wird mit Hilfe von C-14 den Zucker- und Milchsäure-Stoffwechsel in gesunden und diabetischen Tieren vergleichen. Indem sie den Weg des radioaktiven Kohlenstoff enthaltenden Zuckers im Tierkörper verfolgt, hofft sie, einige ungelöste Probleme der Zuckerkrankheit aufklären zu können.

Der Nobelpreisträger Dr. James Franck, Professor der physikalischen Chemie an der University of Chicago, wird C-14 für das Studium der Photo-Synthese verwenden, des bisher unaufgeklärten Mechanismus, mit dessen Hilfe Pflanzen Energie vom Sonnenlicht empfangen und sie als chemische Energie aufstapeln. Die Photosynthese ist einer der wichtigsten natürlichen Vorgänge auf der Erde. Ihr verdankt der Mensch letzten Endes den größten Teil der ihm zur Verfügung stehenden Energie. Ohne Photosynthese gäbe es weder Kohle, Oel und Holz, noch irgend welche Nahrungsmittel. Wenn es gelänge, photosynthetische Prozesse in Laboratorium und Fabrik nachzumachen, hätte man eine neue Energiequelle von unvorstellbar großem Ausmaße.

Der Lehrstuhl der physiologischen Chemie der University of Minnesota, berühmt durch seine Erforschung der Rolle, die das Element Fluor im Zahnschmelz spielt, plant C-14 für die Untersuchung von Kohlenstoffverbindungen im Dentin (Zahnbein) und im Schmelz der Zähne, sowie in den Knochen zu verwenden. Der physiologische Lehrstuhl der University of California wird Fette mit C-14 „markieren“ und deren Ausnutzung in Leber, Muskeln, Blut und anderen Körperorganen studieren.

Die Clinton-Laboratorien haben außer den genannten Hunderte von Auftraggebern auf ihren Listen, darunter so gut wie alle führenden amerikanischen Forschungsinstitute, die sämtlich Radioisotope haben wollen, nicht nur Kohlenstoff-14, sondern viele andere der über 50 verschiedenen Erzeugnisse, die in der Clinton-Säule hergestellt werden können. 30—40 dieser Aufträge werden in der nahen Zukunft ausgeführt werden und ein paar hundert weitere in den nächsten Monaten. Die bisher eingegangenen Aufträge zeigen, daß radioaktive Materialien für Forschungen auf den verschiedensten Gebieten bedeutungsvoll sind. Im Verlauf der nächsten Monate werden diese Stoffe u. a. verwendet werden für Untersuchungen der Störungen der Schilddrüsenfunktion, der Ausnutzung aller wesentlichen Bestandteile unserer Lebensmittel, des Eisenumsatzes bei Anämie, der Absorption aller wesentlichen Bodenelemente durch die Pflanzen, der Vulkanisierung und Polymerisation von Gummi, sowie für eine Reihe von Problemen, die mit radioaktiven Isotopen selbst zusammenhängen.

Unter den Anforderungen anderer Arten von Radioisotopen außer Kohlenstoff ist z. B. das der Vanderbilt University nach 100 Millicurie radioaktiven Goldes zu nennen. Das Gold wird einem Colloid einverleibt werden, das in den Blutstrom eines Versuchstieres injiziert werden soll, um die Aufnahme von radioaktivem Gold durch Blutzellen zu studieren. Dies ist der erste Schritt eines Forschungsprogrammes, das sich mit der Möglichkeit der Verwendung dieses Elementes bei gewissen Blutkrankheiten befaßt, z. B. Leukämie. Für gleichartige Untersuchungen soll später auch radioaktiviertes Eisen verwendet werden.

Die pharmazeutische Fakultät der Purdue University will radioaktiven Phosphor haben, um eine neue Technik zu entwickeln, durch die der Einfluß verschiedener medizinischer Substanzen auf die Absorption von Phosphaten aus dem Dünndarm geprüft werden soll. Das gleiche Isotop soll auch für das Studium der Phosphorarmut der Zähne verwendet werden. Zwei New Yorker Krankenhäuser wollen für grundlegende Studien auf dem Gebiete der Kernphysik radioaktives Jod, Antimon, Arsen und Caesium haben.

Die Abteilung für landwirtschaftliche Forschung der America Smelting and Refining Company hat radioaktiven Schwefel-35 bestellt, um grundlegende Untersuchungen des Stoffwechsels der Pflanzen durchzuführen. — Man sieht, die Erzeugnisse der Clinton-Säule werden Forschungen auf den verschiedenartigsten Gebieten zunutze kommen.

André Lion.

Dritter Teil

HEIMO HARDUNG-HARDUNG:

RUNDFUNKEMPFANG -

eine Aufsatzfolge

Gleichrichtung.

Wenn in einem Wechselstromkreis ein Strom fließt, so bewegen sich die im Leiter enthaltenen freien Elektronen infolge der wechselnden statischen Anziehung hin und her. Es gibt nun verschiedene Vorrichtungen, die eine Elektronenbewegung nur in einer Richtung zulassen, vor allem sind an dieser Stelle gewisse Kristalle zu nennen, die infolge ihres atomaren Aufbaues Strom nur nach der einen Richtung durchlassen, während sie in der anderen Richtung den Stromfluß — ähnlich einem Ventil in Flüssigkeitsleitungen — sperren. Man nennt alle Vorrichtungen dieser Art „Gleichrichter", solche die für hochfrequente Wechselströme bestimmt sind, wohl auch Detektor. Es sei an dieser Stelle gleich ausdrücklich festgestellt, daß es natürlich keinen Gleichrichter gibt, der Strom nach der einen Richtung völlig ungehindert und nach der anderen Richtung überhaupt nicht durchläßt. Vielmehr besitzt jeder Gleichrichter in beiden Stromrichtungen einen gewissen endlichen Widerstand. Der Unterschied zwischen den Leitungswiderständen in beiden Richtungen kann allerdings sehr groß sein und ist ein Maß für die Güte der Gleichrichtung. Sofern man — was im allgemeinen zulässig ist — den Stromfluß in der Sperr-Richtung gleich null, d. h. den Widerstand in dieser Richtung als unendlich groß, annimmt, verwandelt der Gleichrichter, in einen Wechselstromkreis geschaltet, diesen in pulsierenden Gleichstrom. Dies geht am deutlichsten aus einem Diagramm hervor. In Abbildung 1 markiert die ausgezogene Linie den tatsächlich in der Leitung fließenden Strom, während die gestrichelte Linie den Strom angibt, der zusätzlich fließen würde, wenn kein Gleichrichter in den Kreis geschaltet wäre. Schaltet man parallel zum Gleichrichter einen Kondensator, so lädt sich dieser in den einzelnen Stromstößen auf, um sich in den Pausen wieder zu entladen; er übt eine die Kurve glättende Wirkung aus (Abbildung 2), dient als „Glättungskondensator".

Amplitudenmodulation.

Wenn ein Sender eine konstante Frequenz konstanter Amplitude (Abbildung 3a) aussendet, so spielt sich in unserem im letzten Heft beschriebenen Detektor-Empfänger folgendes ab: An dem Schwingungskreis wird die eingestellte Frequenz in der schon besprochenen Weise gegenüber allen anderen Frequenzen bevorzugt. Es bildet sich daher eine Wechselspannung aus, die aber den an den Schwingungskreis angeschlossenen Detektor-Kristall nur zur Hälfte (Durchlaßrichtung) passieren kann. Durch den angeschlossenen Kopfhörer kann also kein Wechselstrom, sondern nur ein pulsierender Gleichstrom fließen. Der parallel zum Kopfhörer geschaltete Kondensator dient in diesem Falle als Glättungskondensator und verwandelt den pulsierenden Gleichstrom in einen (nahezu) konstanten. Die Kopfhörermembrane wird durch die anziehende Wirkung der Magnetspulen (diese sind ja von einem Gleichstrom durchflossen) ein wenig nach der einen Seite durchgebogen, bleibt aber in dieser Stellung stehen und bewegt sich nicht, erzeugt folglich auch keinen Ton. Wenn der Sender plötzlich ausschaltet, hört der Gleichstrom zu fließen auf, die Membrane biegt sich in die Ruhestellung zurück, wir hören ein leichtes Knacken. Würde der Sender nun z. B. 50mal in der Sekunde ein- und ausschalten (Abbildung 3b), so würde sich die Membrane zwischen den beiden beschriebenen Ruhelagen 50mal pro Sekunde hin- und herbewegen und somit einen hörbaren Dauer-Ton mit einer Frequenz von 50 Hertz erzeugen. Lassen wir den Detektor weg und beobachten wir, was dann geschieht! Die Membrane ist infolge ihrer Trägheit nicht fähig, den viel zu raschen Schwingungen des Senders zu folgen und da die Ausschläge sich in ihrer Summe aufheben, bleibt sie in Ruhe. Eine Gleichrichtung ist für jedes Empfangsgerät notwendig.

Im vorgenannten Falle hatten wir den 50-Hertz-Ton mit 50 Knacksen pro Sekunde hergestellt; wenn jedoch der Sender nicht aus- und einschaltet, sondern nach Abb. 3c kontinuierlich seine Amplitude verändert, so haben wir reine (sinusförmige) niederfrequente Wechselspannung am Kopfhörer. Bei Rundfunkempfang werden nun die Schallschwingungen der Luft von einem Mikrophon formgetreu der Trägerfrequenz „aufmoduliert", so daß nach Gleichrichtung am Kopfhörer die der Mikrophon-Spannung gleiche Spannungskurve auftritt und somit in die gleiche Schallkurve umgewandelt wird (Abbildung 4).

Trennungsglieder.

Wir können uns einen Strom, der im Diagramm Abbildung 5 dargestellten Art zusammengesetzt denken aus einem Gleichstrom und einem darüber gelagerten Wechselstrom. Da, wie in Heft 4/5 bereits erörtert, ein Kondensator nur für wechselnde Ströme durchlässig ist und Gleichstrom jeder Richtung sperrt, bewirkt das Einschalten eines solchen in einen derartigen Stromkreis eine Trennung der beiden Stromarten. Der Wechselstrom passiert den Kondensator mehr oder weniger leicht (je nach Kapazität!), während der Gleichstrom abgeriegelt bleibt.

Aber auch mittels Spulen läßt sich eine Trennung erzielen und die hier beobachteten Erscheinungen haben ungeheure Auswirkungen auf die Entwicklung der gesamten Elektrotechnik gezeitigt. Wir hatten bereits dargelegt, daß ein wechselndes Magnetfeld in jedem Leiter und besonders in einer Spule eine Spannung indu-

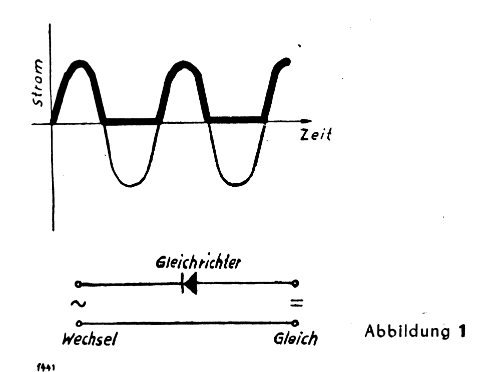


Abbildung 1

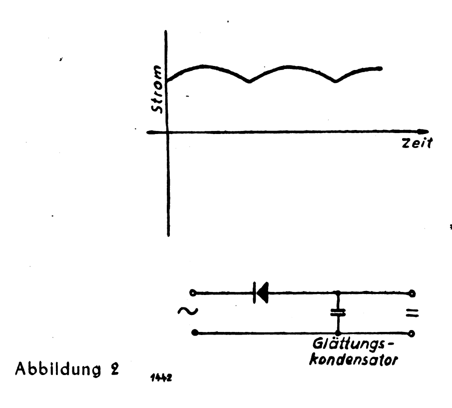


Abbildung 2

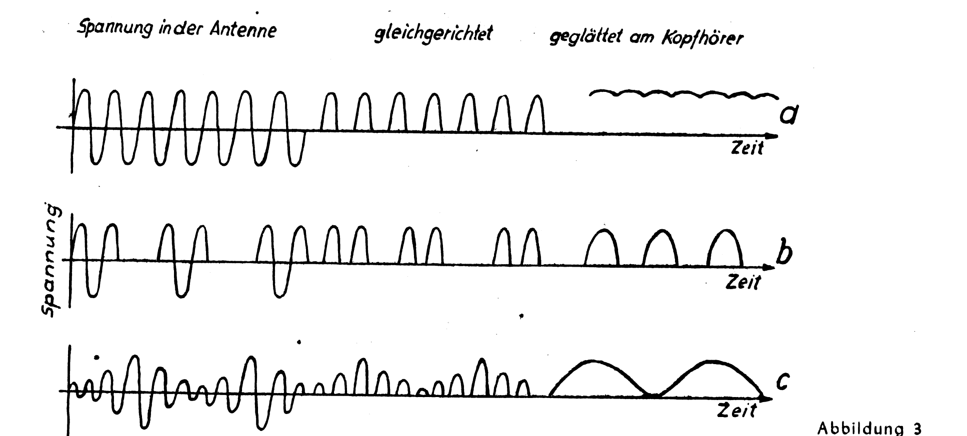


Abbildung 3

ziert. Ein konstantes Magnetfeld hingegen induziert keinerlei Spannung. Wenn eine Spule von einem Strom nach Abbildung 5 durchflossen ist, so erzeugt die Wechselstromkomponente in einer daneben aufgestellten Spule eine Wechselspannung. Die Gleichstromkomponente besitzt aber keine induzierende Wirkung und fällt infolgedessen weg; in der Sekundärspule unseres „Transformators" fließt nur Wechselstrom. Wenn wir uns nun nach der Größe dieses Stromes fragen, so hängt diese natürlich in erster Linie von der „Kopplung" der beiden Spulen ab. Je weiter die Spulen voneinander entfernt sind, desto größer ist der Anteil des magnetischen Wechselfeldes, der ohne eine Spannung zu induzieren verloren geht; maximale Kopplung wird daher am besten in einfachster Weise durch Uebereinanderwickeln der beiden Spulen erzielt. In zweiter Linie ist die Dimension der induzierten Wechselspannung durch die Windungszahlen der Spulen bestimmt. Selbstredend geben mehr Windungen bei beiden Spulen eine bessere Energieübertragung, doch steht einer allzu großen Erhöhung der Windungszahl das Anwachsen des Wechselstromwiderstandes der Spulen entgegen. Hier ist bei der Konstruktion von Transformatoren der günstigste Kompromiß zu finden. Der Rundfunkbastler braucht sich im allgemeinen weniger um die absoluten Windungszahlen von Transformatoren zu kümmern (sofern er sich nicht selbst welche wickelt), für ihn sind die relativen Windungszahlen, d. h. das Verhältnis der Windungszahlen, wesentlich bedeutungsvoller, denn sie bestimmen das Uebersetzungsverhältnis. Ein Transformator hat nämlich nicht nur die Eigenschaft, Wechselstrom von *Gleich*strom zu trennen, sondern darüber hinaus eine viel wichtigere und noch öfters angewandte: er verwandelt die Spannung. Dies wird aus folgendem leicht verständlich: Die gleiche Magnetflußänderung induziert natürlich in jeder Windung die gleiche Spannung: da diese Spannungen aber gleichgerichtet sind, addieren sie sich zur resultierenden Gesamtspannung. Wenn beide Spulen gleichviel Windungen aufweisen, ist die sekundär induzierte Spannung gleich der primär vorhandenen, besitzt hingegen die Sekundärspule etwa die doppelte Primärwindungsanzahl, so wird in ihr die doppelte Primärspannung induziert. Mittels eines geeigneten Uebersetzungsverhältnisses ist es möglich, beliebige Wechselspannungen auf jeden gewünschten Wert zu bringen und das überdies mit sehr geringen Verlusten. Natürlich bleibt auch beim Transformator das Energieprinzip bestehen, d. h. die Sekundärleistung ist bestenfalls gleich der Primärleistung. Ein Erhöhen der Spannung hat folglich ein Absinken der Stromstärke zur Folge und umgekehrt kann bei „Heruntertransformation" eine wesentlich größere Stromstärke entnommen werden, als im Primärkreis vorhanden. Um die Leistungsfähigkeit von Transformatoren zu steigern, führt man in den Spulkern Eisen ein, erhöht damit die Magnetfeldstärke und zugleich die Induktion. Durch die im Eisen entstehenden Wirbelstromverluste (der Eisenkern als elektrischer Leiter wirkt als kurzgeschlossene Sekundärwicklung) wird der Kern niemals voll ausgebildet, sondern ist aus Blechen oder Stäbchen, die gegeneinander isoliert sind, zusammengesetzt. Die Wirbelstromkreise, die ja innerhalb einer Lamelle geschlossen sein müssen, haben somit geringeren Leiterquerschnitt und größeren Widerstand. Bei Transformatoren für Hochfrequenz genügt es aber nicht einmal, das Eisen zu lamellieren, hier muß man im Interesse äußerster Verlustfreiheit das Eisen feinstens zerpulvern und mit einem Isoliermaterial zusammenpressen. Spulen dieser Art sind aus der modernen Rundfunktechnik nicht mehr wegzudenken. Sie beanspruchen viel weniger Platz als Spulen ohne Eisenkern, sind „abgleichbar" (ein Verschieben der Spulenkerne verändert die Induktivität) und in ihrer Güte den besten Luftspulen gleichwertig.

Eine Abart des eigentlichen Transformators stellt der Autotransformator (Selbsttransformator) dar, bei dem nicht zwei Wicklungen vorhanden sind, sondern nur eine Wicklung mit entsprechender Anzapfung. Ist diese Anzapfung etwa in der elektrischen Mitte der Spule (halbe Windungszahl) und wird zwischen diesem Mittelabgriff und ein Spulenende eine Spannung von 110 Volt gelegt, so *sind* an den beiden Enden der Spule 220 Volt verfügbar. Wenn wir bei unserem Detektor-Empfänger die Antenne nicht an ein Spulen-Ende, sondern an eine Anzapfung der Spule legen, so wird die von der Antenne induzierte Spannung herauftransformiert — natürlich auf Kosten der fließenden Stromstärke. Hier den günstigsten Kompromiß zu finden, ist Sache der Erprobung. Selbstredend kann ein Autotransformator nicht zur Trennung von Gleich- und Wechselstrom verwendet werden.

Das Löten.

In Hochfrequenzkreisen kommt es auf einwandfreie elektrische Verbindung an, da bei den oft winzigen Spannungen ein Uebergangswiderstand von wenigen Ohm nicht zugelassen werden kann. Ein Verdrillen von zwei blankgemachten Enden genügt auf die Dauer nicht, denn unter dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit bilden sich dünne Oxydhäutchen, die die Verbindungsstelle zu einem Widerstand umbilden oder Gleichrichterwirkung aufweisen. Einwandfreie Verbindungen sind nur durch Lötung zu erzielen (von der für den Bastler ungeeigneten Schweißung wollen wir hier absehen). Jeder, der sich mit Radio-Basteln intensiver beschäftigen will, muß daher unbedingt richtig löten lernen. Richtig löten heißt aber in erster Linie sauber arbeiten. Kolben und Lötstelle müssen immer peinlichst sauber gehalten werden. Es ist zweckmäßig, sich einen elektrischen Lötkolben zu besorgen. Die Mehrausgabe wird sich in kurzer Zeit durch angenehmere und schnellere Arbeitsweise lohnen. Natürlich ist es ohneweiters möglich, auch einen billigeren, gasgeheizten Kolben zu verwenden. Das beste Lötmittel ist Zinndraht, der im Inneren das Flußmittel enthält (Kolophoniumlötdraht). Der Kolben wird erhitzt und das Zinn aufgeschmolzen, so daß die Spitze des Kolbens gleichmäßig mit Zinn überzogen ist. Das Zinn soll

Abbildung 4

Luft-schwingung — Mikrofon — elektr. Schwingung — Modulation — HF-Welle — Gleichrichtung — Niederfrequenz — Glättung — Ton

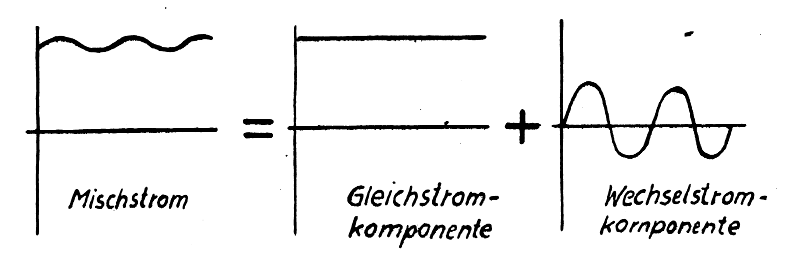


Abbildung 5

leichtflüssig, aber nicht überhitzt sein (gelbliche bis bläuliche Färbung). Ist der Kolben auf diese Weise verzinnt, so können wir bereits an die eigentliche Lötarbeit gehen. Die Lötstelle wird, nachdem sie sorgfältig gereinigt wurde, vom Lötkolben aus erhitzt und dann das Zinn aufgebracht. Dabei soll das Lötgut so heiß sein, daß das Zinn schmilzt, denn nur dann ist eine einwandfreie Verbindung gewährleistet. Die Verbindung soll stets so ausgeführt sein, daß die Leiter auch ohne Verlötung miteinander stabil verbunden sind (Drähte verdrillen, bei Lötösen durchstecken und umbiegen). Auf diese Weise wird vermieden, daß die Drahtenden während des Erkaltens bewegt werden und bleibende Wackelkontakte entstehen. Unbedingt zu vermeiden sind die sogenannten „kalten Lötstellen", die von außen wie eine einwandfreie Lötstelle aussehen, mechanisch fest sind und trotzdem keinen einwandfreien Kontakt geben. Sie entstehen durch nicht genügend erwärmtes Zinn. Ist der Lötkolben nach einiger Zeit verzundert, so feilen wir ihn mit einer groben Feile blank und verzinnen ihn wieder. Die Verwendung von Salzsäure und von nicht säurefreiem Lötfett (Achtung: viele im Handel als säurefreie Lötfette angebotene Sorten sind es nicht) ist in der Rundfunktechnik nicht anzuraten, da durch die zurückbleibenden Säurereste und durch die Dämpfe die Isolation und Elkos infiziert werden und nach längerer Zeit Fehler auftreten.

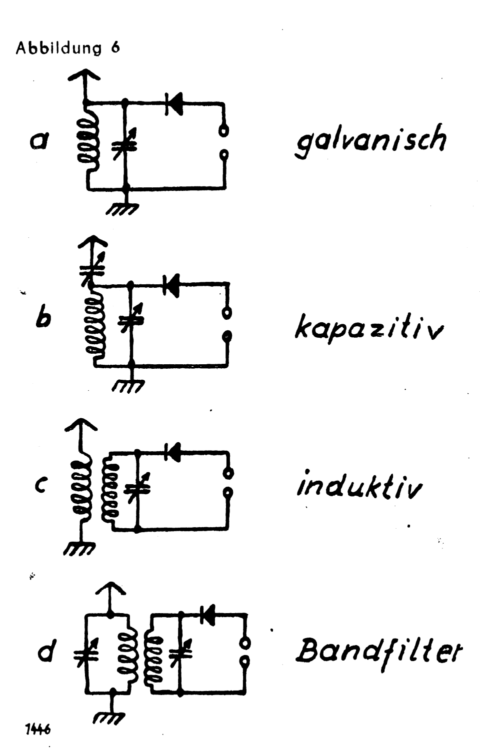
Kopplungsversuche.

Für unsere weiteren Bauvorhaben besorgen wir uns nunmehr einen zweiten Drehkondensator mit etwa 500 pF Kapazität, diesmal aber ein hochwertiges Modell, womöglich mit Luftisolation. Nachdem wir die Lötung an allen dazu geeigneten Stellen in unserem Detektor-Empfänger nachgeholt haben, verfertigen wir uns eine zweite Spule derselben Art, wie im Heft 6 beschrieben. Mit diesen Bestandteilen ausgerüstet, untersuchen wir die verschiedenen Ankopplungsarten der Antenne und ihre Vor- und Nachteile.

Galvanische Kopplung haben wir bereits ausgeführt, als wir die Antenne direkt an den Kreis legten. Man spricht dann von galvanischer Kopplung, wenn ein Leiter (oder Widerstand) die Verbindung zwischen den gekoppelten Elementen herstellt (Abbildung 6a).

Kapazitive Kopplung geschieht über einen Kondensator. Kapazitiv gekoppelte Elemente sind folglich nicht mehr elektrisch leitend verbunden, die Energieübertragung erfolgt ausschließlich durch das elektrische Feld zwischen den Kondensator-Belegen. Wir leiten die Antenne über unseren neuerworbenen Drehkondensator an den Schwingungskreis (Abbildung 6b) unseres Detektor-Empfängers. Dann können wir folgenden Effekt feststellen: Bei eingedrehtem Drehkondensator (große Kapazität) ist die Kopplung fest, die Stationen erscheinen lautstark, aber über einen ziemlich weiten Bereich des Empfänger-Drehkos. Man sagt, das Gerät besitzt eine geringe Trennschärfe („Selektivität"). Wenn die empfangenen Sender weiter auseinanderliegen, ist das ja nicht weiter schlimm. Bei Detektorgeräten wird infolge der geringen Anzahl der empfangenen Sender auch kaum ein Ueberschneiden der Senderbänder zu bemerken sein, d. h. es werden kaum im Kopfhörer zwei Sender zugleich auf einer Einstellung hörbar erscheinen. Tritt jedoch dieser Fall ein, dann besitzt der Empfänger nicht genügend Selektivität, um die Sender zu trennen, man muß die Ankopplung der Antenne lockern, d. h. die Kapazität des Kopplungskondensators verkleinern. Dadurch werden die Stationen nur mehr bei

Abbildung 6



einer ganz bestimmten Stellung des Empfangsdrehkondensators zu hören und daher leichter trennbar sein. Auch wenn wir an unserem Empfänger keine Bereichüberschneidung feststellen, ist es sehr nützlich, den Versuch mit einem empfangenen Sender zu machen und sich so den Zusammenhang zwischen Kopplung, Trennschärfe und Lautstärke deutlich vor Augen zu führen.

Induktive Kopplung benützt die Energieübertragung durch ein Magnetfeld (Transformatorwirkung). Wir schalten die Antenne an die neugewickelte Spule, deren anderes Ende wir mit Erde verbinden. Dann nähern wir diese Spule der unseres Empfängers (Abbildung 6c). Wir stellen dabei fest, daß die Festigkeit der Kopplung nicht nur von der Entfernung der beiden Spulen voneinander, sondern auch von der Stellung ihrer Achsen abhängig ist. Bei parallelen Spulenachsen erhalten wir maximale, bei aufeinander normal stehenden minimale Kopplung. Es ist für regelbare Kopplung daher viel einfacher, eine Spule drehbar in geringer Entfernung von der anderen anzuordnen, als die Entfernung der Spulen veränderlich zu gestalten. Dies wird auch bei den meisten Ausführungsformen — so z. B. beim kleinen Volksempfänger (DKE) — gemacht.

Bandfilter-Kopplung. Eine Steigerung der Trennschärfe läßt sich aber auch auf andere Weise erzielen. Nehmen wir an, wir hätten mit einem Schwingungskreis eine bestimmte (eingestellte) Frequenz gegenüber den anderen Frequenzen des Gemisches um das Zehnfache angehoben. Wenn wir dieses neue Frequenzgemisch (mit der zehnfach angehobenen) nun über einen zweiten auf die gleiche Frequenz abgestimmten Schwingungskreis leiten, so wird diese Frequenz abermals um das Zehnfache gegenüber den übrigen Frequenzen angehoben, ist also (von Verlusten abgesehen) in diesem Schwingungskreis bereits hundertmal so stark wie die übrigen Frequenzen. Wir wollen dies gleich experimentell nachprüfen. Aus Spule und Drehkondensator fertigen wir uns durch rasches Zusammenlöten einen Schwingungskreis, der zwischen Erde und Antenne geschaltet wird. Die Spule dieses Schwingungskreises koppeln wir — induktiv — mit der Spule unseres Detektor-Empfängers (Abbildung 6d). Wir können feststellen, daß bei gleicher Stellung der Drehkondensatoren die Trennschärfe bedeutend zugenommen hat. Weitere Kopplungsversuche bringen den günstigsten Kompromiß zwischen Trennschärfe und Lautstärke. Wer Lust dazu hat, kann auch dieses Gerät — den Detektor-Zweikreiser — stabil aufbauen, doch ist mehr anzuraten, die zur Verfügung stehende Zeit für die Durchführung von Kopplungsversuchen und zur Erreichung einer gewissen Fertigkeit im Löten zu verwenden, da bei einem Detektor-Empfänger ein „Bandfiltereingang" *eine zwar nützliche* und lehrreiche Spielerei, aber wohl kaum eine tatsächliche Notwendigkeit darstellt.

Neue Methoden der Störbefreiung

Störungen sind es, die einem oft den ganzen Empfang verleiden. Schon in Heft 1/47 haben wir einen ausführlichen Artikel über die Möglichkeiten der Störbefreiung und Schwundbeseitigung durch Begrenzung der Störamplituden einerseits und Umschaltung auf verschiedene, nicht gleichmäßig vom Schwund betroffene Antennen andererseits, gebracht. Dieser Aufsatz beschreibt nun einen anderen möglichen Weg.

Der Kampf gegen die Störungen beim Rundfunkempfang ist genau so alt wie die Rundfunktechnik. Durch das Emportreiben der Verstärkungsziffern wurde er aber von Tag zu Tag dringlicher. Nicht nur, daß durch Störungen ein einigermaßen genußreicher Rundfunkempfang unmöglich wurde, führten sie auch zur Unterbrechung des gesamten kommerziellen Nachrichtenverkehrs und bedeuteten so eine schwere Schädigung der Wirtschaft und, was ja noch viel tragischer ist, eine Gefährdung von Menschenleben. Man braucht sich ja nur vorstellen, was das durch Störungen bedingte Versagen der Flugsicherungsanlagen für Folgen haben kann.

Es ist Ihnen, lieber Leser, doch sicherlich schon aufgefallen, daß Sie oft auf dem gesamten Mittelwellenbereich keinen Fernempfang erzielen können, da ein starker Störer fast überall durchschlägt. Nur der Ortssender ist gut zu hören, da sind überhaupt keine Störungen festzustellen. Wieso kommt denn das eigentlich? Das ist ja nicht so schwierig. Die Feldstärke des Ortssenders am Empfangsort ist halt wesentlich größer als die des einfallenden Störers. Die Feldstärke wird in Volt/Meter angegeben und bedeutet die in 1 Meter Antennendraht induzierte Spannung in Volt. Bei den meisten Fernsendern ist die Lage aber umgekehrt, da ist die Feldstärke des Störers wesentlich größer als die des Fernsenders. Was ist da zu machen?

Da ist man schon seit längerer Zeit auf die naheliegende Idee gekommen, die Störspannung durch eine gleich große, aber um 180 Grad in der Phase verschobene gleiche Spannung auszulöschen. Es ist ja leicht einzusehen, daß zwei um 180 Grad in der Phase verschobene Spannungen oder Ströme sich aufheben, falls sie nur die gleiche Größe und Frequenz haben. Hat die eine Spannung z. B. ihren positiven Höchstwert erreicht, so hat die zweite Spannung gerade ihren negativen Spitzenwert. Wenn wir nun die beiden Spannungen zusammenbringen, so ist der Gesamtwert beider Spannungen gleich null. Ein Vergleich dazu: Der Herr Mayer hat 1000 S Schulden, also — 1000 S, und die Frau Mayer hat 1000 S Außenstände, also + 1000 S, so ist das Gesamtvermögen der Familie Mayer 0 S (1000 — 1000 = 0). Genau so ist es bei den Störungen.

Bild 1

Die Idee ist sicherlich bestechend. Das Problem dabei ist nur, die Störspannung rein zu bekommen, denn sonst wird ja auch der Fernsender unterdrückt.

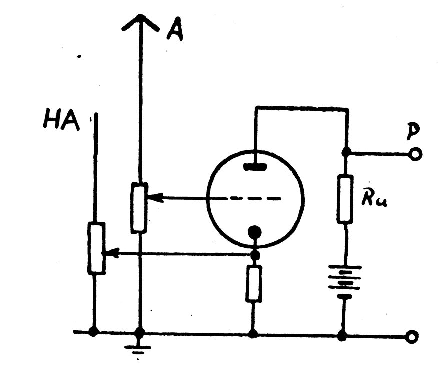
Zur Durchführung der Idee in die Praxis brauchen wir also in erster Linie zwei Spannungsquellen. Die eine davon soll möglichst viel Sender-Spannung bringen und die andere soll möglichst viel Stör-Spannung liefern. Man verwendet nun einmal eine sehr gute Antenne (abgeschirmte Hochantenne) und anderseits eine parallel dazu geführte, an die eigentliche Antenne nicht angeschlossene Leitung (Hilfsantenne). Die beiden Spannungen werden nun, wie Bild 1 zeigt, an beiden Enden einem in der Mitte geerdeten HF-Transformator primärseitig zugeführt. Sekundärseitig ist dann ein normaler Hochfrequenzverstärker angeschlossen. Da die beiden Antennen parallel sind, werden von ihnen auch die Spannungen in gleicher Phase aufgenommen. Der durch die Spannungen getriebene Strom fließt daher einmal — bildlich gesehen — von oben in den Transformator hinein und in der Mitte zur Erde ab und anderseits von unten in den Transformator hinein und ebenfalls in der Mitte ab. Die Stromrichtung ist daher im Transformator in jedem Augenblick um 180 Grad in der Phase verschoben. Das war ja die Aufgabenstellung. Durch den Abgleich der beiden an den Transformator gelegten Spannungen (z. B. durch Potentiometer) ist es möglich, die Störkomponente weitgehend zu unterdrücken.

Ein großer Nachteil dieser Anordnung ist, daß sich eine genaue Kompensation der Störkomponente wegen der nicht zu vermeidenden Unsymmetrien d. Transformators einerseits und der verschiedenen Kapazitäten der Antenne und Hilfsantenne anderseits nur bei einer einzigen Frequenz erzielen läßt. Bei einer Frequenzänderung, wie sie ja im praktischen Betrieb oft vorgenommen wird, ist ein Nachstellen der Amplitude der Kompensations-Spannung unbedingt erforderlich.

Ein anderer, auch schon länger bekannter Weg ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Bild zeigt eine normale Verstärkerschaltung, nur fällt auf, daß kein Kathodenblock vorhanden ist. Die Antennenspannungen werden nun aperiodisch, d. h. ohne Bevorzugung einer gewissen Frequenz, erstens an das Steuergitter und zweitens an die Kathode der Verstärkerröhre angeschlossen. Was ist damit erreicht?

Nehmen wir im Betrachtungsaugenblick an, daß die beiden Antennen (A und HA) negativ gegenüber der Erde geladen sind, d. h. mit anderen Worten, daß ein Elektronenüberschuß auf beiden Antennen vorhanden ist. Der Betrachtungsaugenblick muß selbstverständlich ganz, ganz kurz sein (ungefähr $^1/_{100}$ Millionstel einer Sekunde). Die Elektronen (der Elektronenstrom) trachten nun, zur Erde

Bild 2



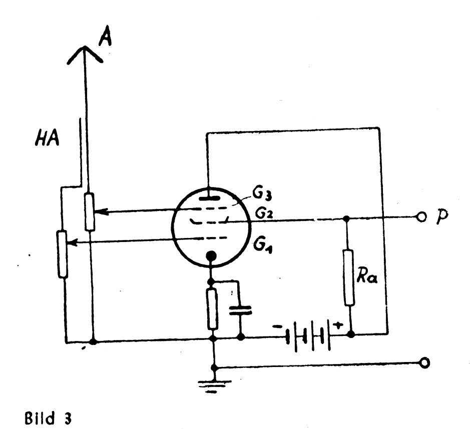


Bild 3

abzufließen. Das Potentiometer zwischen Gitter und Erde bewirkt eine Stauung und damit wird das Gitter negativer (mehr Elektronen) wie der Erdpunkt. Der Stromfluß ist im Betrachtungsaugenblick vom Gitter zur Erde gerichtet. Die von der Hilfsantenne auf die Kathode eingespeiste Spannung ruft ebenfalls im Betrachtungsaugenblick einen Stromfluß zur Erde hervor. Betrachten wir die Erde als Mittelanzapfung (wie in Abb. 1 gezeigt), so erreichen wir hier das gleiche Resultat wie mit dem HF-Transformator, nur mit dem Unterschied, daß die Spannungen nicht frequenzabhängig sind (Verwendung ohmscher Widerstände). Den hier betrachteten Vorgang können wir uns vielleicht anders noch deutlicher machen. Gehen wir diesmal bei unseren Betrachtungen von der Kathode der Röhre aus und geben wir dieser das Potential null (das können wir ja ohneweiters). Im Betrachtungsaugenblick wird die direkt auf das Gitter gespeiste Antennenspannung negativ (wie ja schon oben beschrieben). Die auf die Kathode gebrachte Hilfsantennen-Spannung bewirkt, wie ja auch schon beschrieben, einen Elektronenfluß gegen Masse. Dadurch wird die Masse, wenn man die Kathode als Null-Potential betrachtet, positiver als die Kathode. Durch den Gitterableitwiderstand wird dann wie üblich dem Gitter die von der Hilfsantenne herrührende positive Augenblicksspannung zugeführt. Antennenspannung und Hilfsantennenspannung heben sich also, wenn sie richtig eingeregelt sind, auf. Wir haben diese Vorgänge ein bißchen genauer behandelt, da es wichtig ist, gerade diese Dinge nicht nur zu wissen, sondern auch zu verstehen.

Durch das gegenseitige Aufheben der Spannungen am Gitter wird erreicht, daß der Anodenstrom weitgehend frei von der Störkomponente ist und sich die ungestörte, verstärkte Fernsenderspannung am Arbeitswiderstand dieser Röhre abnehmen läßt. Einer der Nachteile dieser Schaltung ist, daß die Kathode nicht Erdpotential hat, die Verwendung von direkt geheizten Röhren daher nicht möglich ist.

Abbildung 3 zeigt uns eine weitere Schaltung, welche die Nachteile der bisher gezeigten Schaltmöglichkeiten weitgehendst ausschließt. Die von der Antenne bzw. Hilfsantenne abgegriffene Spannung wird einerseits dem Steuergitter 1 und anderseits dem Steuergitter 2 und einer besonderen HF-Verstärkerröhre zugeführt. Die Anode dieser Röhre liegt direkt o h n e Arbeitswiderstand an der höchsten Plus-Spannung. Im Schirmgitterkreis befindet sich der Arbeitswiderstand, zwischen dessen oberem Ende und Masse die verstärkte Spannung abgenommen wird.

Betrachten wir nun wieder die Vorgänge bei unserer Schaltung (Abbildung 3) genauer. Wir nehmen wieder, genau wie bei den vorhergehenden Schaltungen, an, daß die Antenne im gedachten Moment negativ geladen ist. Eine negative Aufladung des der Anode am nächsten liegenden Gitters (G 3) bewirkt, daß der über die Anode abfließende Strom kleiner wird. Das negative Gitter G 3 sperrt ja sozusagen den Weg über die Anode. Der aus der Kathode austretende Strom ist daher gezwungen, seinen Weg über das Schirmgitter G 2 und damit über den Arbeitswiderstand zu nehmen. Der Spannungsabfall am Arbeitswiderstand (J sg . R a) wird größer. Eine negative Aufladung des Gitters 1 (durch die Hilfsantenne) bewirkt aber ein Zurückgehen des gesamten Stromes (J a + J sg), der ja durch das Gitter G 1 hindurchfließen muß. Der am Arbeitswiderstand auftretende Spannungsabfall wird hier also wieder kleiner. Wir sehen auch hier wieder, daß die gleichphasig gesteuerten Gitter den Anodenstrom gerade umgekehrt beeinflussen. Mit dieser Schaltung wird dementsprechend der gleiche Zweck wie mit der Schaltung in Abbildung 2 erreicht. Die Anode kann aber hier genau so wie die Kathode hochfrequenzmäßig geerdet werden.

Eine weitere geänderte Schaltung zeigt uns Abbildung 4. Hier liegt der Arbeitswiderstand R in der Kathode. Da die Gittervorspannung durch den großen Kathodenwiderstand nicht automatisch erzeugt werden kann, wird diese gesondert über Gitterableitwiderstände zugeführt. Um einen Kurzschluß der Gittervorspannung über die Potentiometer zu verhindern, muß dementsprechend je ein Trennkondensator dazwischengeschaltet werden. Zur Erreichung d. Kompensationswirkung ist es ja wesentlich, daß, wie ja schon oben geschildert, nur der Schirmgitterstrom hochfrequenzmäßig am Arbeitswiderstand durch einen Spannungsabfall in Erscheinung tritt. Die Anode wird daher hochfrequenzmäßig durch einen Kondensator, der für die Hochfrequenz fast einen Kurzschluß darstellt, geerdet. Man schlägt damit zwei Fliegen mit einem Schlag: 1. Anodenstrom frei von HF, 2. Anode ist hochfrequent geerdet. Bei dieser Ausführung darf allerdings die Kathode nicht geerdet werden. Durch die durch den in der Kathode liegenden Arbeitswiderstand auftretende Gegenkopplung, die nach Bedarf geregelt werden kann, wird die Kreuzmodulation wesentl. vermindert.

Die diesbezügliche Patentschrift erwähnt, daß auch an Stelle einer Mehrelektrodenröhre eine Strahlröhre verwendet werden kann, bei der an

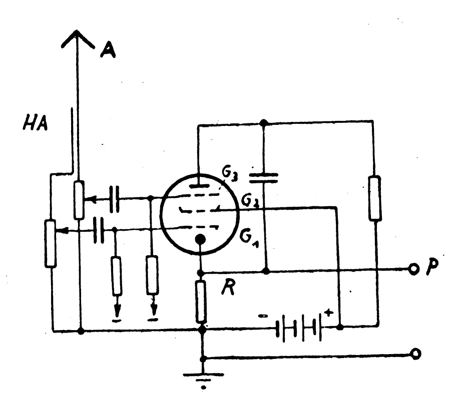


Bild 4

zwei gegenüberliegenden Ablenkplatten die beiden Spannungen angelegt werden. Da bei gleicher Spannungsänderung die eine Ablenkplatte den Kathodenstrahl nach rechts, die andere den Strahl nach links abzulenken sucht, kann die Anordnung so getroffen werden, daß der auf eine geeignet geformte Auffang-Elektrode auftreffende Strahlstrom gegenphasig gesteuert wird. An Stelle einer oder beider Ablenkplatten können auch Konzentrations-Elektroden dienen. Diese müssen dann so vorgespannt sein, daß b. gleichphasiger Spannungsänderung die eine Konzentrationselektrode den Strahl konzentriert, die andere ihn verbreitert.

Bei dem Aufbau von Schaltungen nach Abbildung 3 und 4 ergab sich, daß sich die Störungen um so weniger gut kompensieren ließen, je größer die Empfangsfrequenz war. In der Schaltung nach Abbildung 4 mit einem Kathoden- und einem Anodenwiderstand von je 10 kOhm betrug der Störungsrest bei besteingestellter Kompensation 16% bei 500 kHz (600 m) und 20% bei 1500 kHz (200 m), während bei 50 kHz (6000 m) ein Rest von nur wenigen Prozenten unkompensiert blieb. Es ergab sich wider Erwarten durch Versuche, daß man zur Erzielung eines besseren Störungsausgleiches die Außenwiderstände der Röhren viel kleiner machen muß als gewöhnlich. Hierdurch verringert sich jedoch die Verstärkung.

Diese Verstärkungs-Einbuße läßt sich dadurch vermeiden, daß man zwischen Steuergitter 1 und Schirmgitter G 3 ein weiteres Schirmgitter G 2 anbringt und zwischen G 3 und dem zweiten Steuergitter G 5 ebenfalls ein Schirmgitter G 4 einschaltet (Abbildung 5 und 6). Hierdurch wird erreicht, daß die über die Außenwiderstände fließenden Nutzströme nur von der Elektronensteuerung der Gitter beeinflußt werden und nicht mehr oder nur in einem sehr kleinen Maße von der kapazitiven Leitfähigkeit der Strecken Steuerelektroden—Abnahmeelektroden abhängen. Dies ist leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, daß Steuer- und Abnahmeelektrode immer einen Kondensator bilden, über den ein HF-Strom $\mathfrak{J}_{HF} = \mathfrak{U}_{HF} \cdot \omega C$ abfließt. Dieser Strom ist bei gleicher Spannung um so größer, je größer die Frequenz (ω ist 2π f) und die Kapazität ist. Da die Frequenz und die Spannung

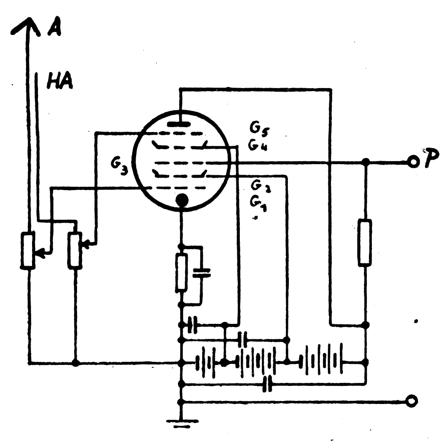


Bild 5

gegeben sind, kann man die schädliche Wirkung nur durch Verkleinerung der Kapazität erreichen. Diese wird durch Zwischenschaltung eines hochfrequenzmäßig an Masse liegenden Schirmgitters stark verringert.

Bei Verwendung der zusätzlich eingefügten Schirmgitter G 2 und G 4 ist es möglich, ohne Nachteil für die Kompensation auch im Gebiet hoher Frequenzen verhältnismäßig große Außenwiderstände anzuwenden. Außerdem bewirken die Schirmgitter noch eine Vergrößerung des Innenwiderstandes und damit praktisch eine größere Verstärkung. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen zwei entsprechende, mit einer Siebenpolröhre aufgebaute Schaltungen.

In Abbildung 5 dient Gitter G 3 als Abnahmeelektrode für die Nutzspannung, die zwischen Masse und G 3 abgenommen wird. Der Strom im Kreis des dritten Gitters G 3 (Arbeitsstrom) wird durch die Spannung an Gitter G 1 einerseits und durch die an Gitter G 5 liegende Spannung anderseits gegenphasig gesteuert. Zwischen Gitter G 1 und Gitter G 3 liegt das Gitter G 2, welches wechselspannungsmäßig geerdet ist und somit die direkte kapazitive Kopplung des Ausgangskreises mit dem Eingangskreis unterbindet oder herabsetzt (siehe oben). Demselben Zweck dient das Gitter G 4. Gitter G 2 und Gitter G 4 können gleichspannungsmäßig auf im Vergleich zur Kathode großem oder kleinem positivem oder negativem Potential oder auch auf Nullpotential liegen. Gitter G 4 ist zweckmäßig so auszubilden, daß es die vom Gitter G 5 bewirkte Stromverteilungssteuerung zwischen Gitter G 3 und der Anode nicht wesentlich behindert. Man gibt Gitter G 4 des-

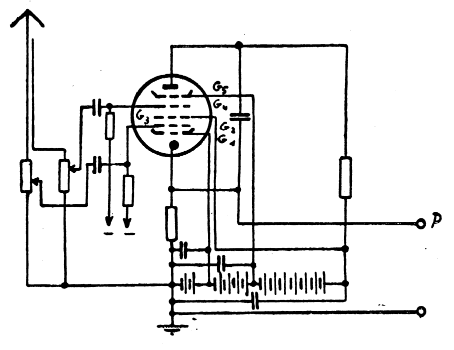


Bild 6

halb vorteilhaft nur eine so kleine positive Spannung, daß es an der Stromverteilung selbst keinen *großen* Anteil hat (der Strom J g 4 wird dadurch nicht hoch).

In Abbildung 6 dienen Gitter G 2 und Gitter G 4 als Steuergitter, Gitter G 3 liegt auf hohem positivem Potential. Gitter G 1 und Gitter G 5 sind als Schirmgitter geschaltet, liegen also kapazitiv an Erde. Gitter G 2 erhält eine geringe positive Spannung, z. B. von 5 Volt, und arbeitet als Raumladegitter. Dem Gitter G 5 kann man eine höhere Vorspannung, von z. B. + 50 bis + 70 Volt, geben.

UNSER PREISAUSSCHREIBEN

Was ist falsch? — Warum?

Wir setzen für die beste Beantwortung dieser radiotechnischen Preisaufgabe drei Preise aus, und zwar:

1. Preis: Jahresabonnement „das elektron“,
2. Preis: Halbjahresabonnement „das elektron“,
3. Preis: Vierteljahrsabonnement „das elektron“,

Die Lösungen sind an die Redaktion „das elektron“ (Preisaufgabe), Linz a. d. D., Landstraße 9, bis längstens 31. Oktober 1947 zu richten.

FEHLER SUCHEN – FEHLER FINDEN

EINE ARTIKELSERIE / Schluß.

Fehlersuche im Demodulator.

(Abbildung 5)

50. Ein Kurzschluß oder eine Unterbrechung des Diodenbelastungswiderstandes führt zum Ausbleiben des Empfanges (I). Ein gealteter Widerstand gibt leisen, verzerrten Empfang (II, III). Ein schadhafter Widerstand kann auch Rauschen verursachen (IV).

51. Bei Kurzschluß oder Unterbrechung des Kondensators setzt der Empfang aus (I). Isolationsfehler verursachen leisen, eventuell verzerrten Empfang (II, III).

52. Eine Leitungsunterbrechung im Diodenkreis führt zum Ausbleiben des Empfanges (I).

53. Eine Unterbrechung im Kathodenwiderstand ergibt gleichfalls ein Aussetzen des Empfanges (I).

54. Fehler im Kathodenkondensator wirken sich hinsichtlich der Demodulation nicht aus, die Verzögerungsspannung kann sich aber dadurch wohl ändern und somit der Einsatz der Regelspannungserzeugung.

55, 56, 57 und 58. Durch einen Kurzschluß oder eine Unterbrechung in einer Spule oder einem Kondensator des Zwischenfrequenzbandfilters erhält die Diode keine Spannung (I). Schlechte Isolation der Bandfilterkondensatoren ergibt eine Lautstärkeminderung und verringerte Trennschärfe (II).

59. Ist der Ankopplungskondensator unterbrochen, so wird keine Regelspannung erzeugt.

60. Wenn der Belastungswiderstand der Regeldiode altert, ändert sich die Regelspannung und es können Verzerrungen auftreten (II, III). Bei schadhaftem Widerstand zeigt sich Modulationsbrummen infolge fehlerhaft arbeitender Automatik (IV).

61 bzw. 71. Unterbrochene oder gealterte Siebwiderstände der Regelleitung geben leisen, verzerrten Empfang. Infolge des offenen Gitters der Regelröhre kann auch der Empfang ganz ausbleiben (I, II, III).

62 bzw. 72. Ein schadhafter Siebkondensator der Regelspannungsleitung verursacht besonders bei großer Lautstärke starke Verzerrungen, die Regelung wird dann nicht oder fast nicht wirksam (III). Auch Brummen, Rückkopplungserscheinungen, langsame periodische Aufladeerscheinungen können die Folge sein (IV).

Diodensysteme werden meist mit Trioden- oder Pentodensystemen zu Verbundröhren zusammengebaut. In Abbildung 5 aber sind nur die für die Signal- und Regelspannungserzeugung erforderlichen Schaltelemente gezeichnet, um eine bessere Uebersichtlichkeit zu erhalten. Die Fehlermöglichkeiten bei der Diodengleichrichtung sind verhältnismäßig gering, denn es sind ja keine Betriebsspannungen (außer der Heizung) erforderlich.

Im Ueberlagerungsempfänger wird als Demodulator heute ausschließlich die Diode verwendet, weil sie verzerrungsfrei arbeitet und infolge der Zwischenfrequenzverstärkung genügend Hochfrequenzspannung zur Verfügung steht. Im Geradeausempfänger hingegen findet häufig das Audion oder der Anodengleichrichter Anwendung. Der Anodengleichrichter unterscheidet sich vom Audion im wesentlichen durch die Kathodenkombination, während für das Audion Widerstand und Kondensator, welche zusammen die sogenannte Audionkombination bilden, kennzeichnend ist. Für beide Demodulatoren kann daher zur Besprechung das gleiche Prinzipschaltbild Abbildung 5 verwendet werden. Sinngemäß ist natürlich die Kathodenkombination, welche strichliert gezeichnet ist, beim Audion fortzulassen. Auch alle anderen Schaltelemente, welche strichliert gezeichnet sind, können nach Bedarf vorhanden sein, ebenso aber auch weggelassen werden. Dies gilt in gleicher Weise auch für alle folgenden Abbildungen.

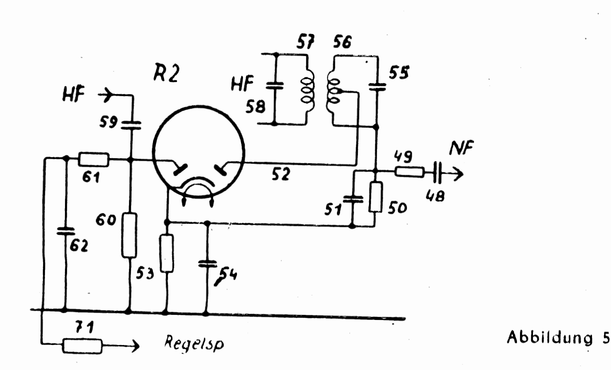


Abbildung 5

Abbildung 6

Fehlersuche im Audion bzw. Anodengleichrichter.

(Abbildung 6)

Zur raschen Ueberprüfung, ob der Fehler tatsächlich im Demodulator liegt, oder in einer vorhergehenden Hochfrequenzstufe, wird mit Hilfe eines HF-Prüfsenders modulierte Hochfrequenz gitterseitig eingespeist (Punkt I gegen die Bezugsleitung). Als Anzeigegerät (Indikator) legt man in den Ausgang ein Röhrenvoltmeter, ebenso ist aber auch der nachfolgende Niederfrequenzteil mit Lautsprecher geeignet, wenn vorher seine ordnungsgemäße Funktion bereits festgestellt wurde. Selbstverständlich muß dabei auf die am Prüfsender eingestellte Wellenlänge abgestimmt werden. Zur weiteren Eingrenzung eines eventuellen Fehlers kann man noch an Punkt II die Prüfspannung legen unter Abschaltung des Schwingkreises durch auftrennen der Verbindungsleitung des Kondensators M. Die weitere Fehlersuche ergibt sodann folgende Möglichkeiten:

A) NF-Kopplungskondensator unterbrochen (z. B. abgerissener Anschluß). Dadurch wird keine Niederfrequenz an den Verstärker weitergeleitet (I). Die Ueberprüfung erfolgt am einfachsten durch Anschluß eines Kopfhörers über 10.000 pF an die Anodenleitung des Demodulators.

B) und C) Der Anodenwiderstand oder der Anodensiebwiderstand ist unterbrochen, die Röhre hat keine Anodenspannung und arbeitet daher nicht (I). Ergibt sich durch Alterung eine Widerstandszunahme, so hat dies eine Verringerung der Lautstärke durch Abnahme der Anodenspannung zur Folge (II). Widerstandswerte nachmessen! Tritt dieser Fehler stark ausgeprägt in Erscheinung, so erhält man Verzerrungen durch Arbeitspunktverlagerung (III). Schadhafte Widerstände verursachen Krachen, Rauschen und stärkeres Brummen, das besonders bei leisen Sendern unangenehm auffällt (IV).

D) Bei Kurzschluß des Anodensiebkondensators führt die Anode keine Spannung (I). Dies kann zur Ueber-

lastung des Anodensiebwiderstandes führen (Widerstand verbrannt). Ein Isolationsfehler des Kondensators bewirkt eine Verminderung der Anodenspannung bei erhöhter Belastung des Siebwiderstandes (II). Tritt der Fehler in stärkerem Maße zutage, so ergibt sich nicht nur leiserer Empfang, sondern auch Verzerrungen (III). Eine Unterbrechung des Siebkondensators verursacht Heulen, Pfeifen und ein Ansteigen der Brummspannung.

E) Ist die Hochfrequenzdrossel unterbrochen, so arbeitet die Röhre nicht, weil sie keine Anodenspannung erhält (I). Bei Kurzschluß oder Windungsschluß verändert sich der Rückkopplungsgrad, weil der Arbeitswiderstand der Röhre für Hochfrequenz kleiner wird (II).

F) Eine Unterbrechung des Anodenkondensators kann Unstabilitäten des Rückkopplungseinsatzes verursachen, die sich durch Pfeifen äußern, welches in Heulen übergeht (IV).

G) Ist der Schirmgitterwiderstand unterbrochen, so erhält man keine Schirmgitterspannung und somit keinen Empfang (I). Bei höherem Widerstandswert leisere Wiedergabe (II). Durch stärkere Arbeitspunktverlegung zufolge veränderter Schirmgitterspannung treten Verzerrungen auf (III). Schadhafte Widerstände verursachen Störgeräusche, insbesondere wenn sich der Fehler einzustellen beginnt (IV).

H) Wird die Schirmgitterspannung durch eine Potentiometerschaltung erhalten, so ergeben sich sinngemäß die gleichen Fehlermöglichkeiten durch beide Widerstände (siehe G).

J) Durch Kurzschluß des Schirmgitterkondensators bleibt die Röhre ohne Schirmgitterspannung, die arbeitet daher nicht. Dabei kann eine Ueberlastung des Siebwiderstandes erfolgen (I). Bei Isolationsfehlern des Kondensators erhält man verringerte Schirmgitterspannung (II). Dadurch können auch Verzerrungen auftreten, wenn die Verschiebung des Arbeitspunktes der Röhre beträchtlich wird (III). Fehler im Kondensator, die unstabil sind (meist wenn der Fehler in Erscheinung tritt), verursachen Störgeräusche. Ebenso wenn der Kondensator unterbrochen ist, indem sich durch Fortfall der Siebwirkung stärkeres Brummen ergibt (IV).

K) Der Demodulator arbeitet nicht, wenn der Gitterableitwiderstand unterbrochen ist und sich zu hoher Anodenstrom bei zu geringer Anodenspannung einstellt. Bei Kurzschluß des Widerstandes, der insbesondere bei Einbau in die Gitterkappe leicht erfolgen kann, ist ebenfalls der Empfang unmöglich, weil sich die Niederfrequenz im Gitterkreis kurzschließt (I). Beim Anodengleichrichter ergibt sich ein Lautstärkerückgang durch Verlagerung des Arbeitspunktes bei zu großem Widerstand (II). Verzerrungen ergeben sich durch gealterten oder unterbrochenen Gitterwiderstand. Häufig stellt sich dabei „tröpfelnder" Empfang ein (III). Ein unterbrochener Widerstand kann auch langsames periodisches Knacken und mitunter Heulen verursachen. Das Gerät ist dann sehr brummempfindlich (IV).

L) Durch Kurzschluß des Kathodenwiderstandes oder des Kathodenkondensators erfolgt eine starke Verlagerung des Röhrenarbeitspunktes, wodurch beim Anodengleichrichter keine Demodulation mehr möglich ist. Auch bei einer Unterbrechung des Kathodenwiderstandes setzt der Empfang aus (I). Durch schlechte Isolation des Kathodenwiderstandes ergibt sich ein Lautstärkerückgang (II). Wird durch eine schadhafte Kathodenkombination die negative Gittervorspannung geändert, so ergeben sich Verzerrungen (IV). Ist der Kathodenkondensator unterbrochen oder der Kathodenwiderstand schadhaft, so erhöht sich das Brummen des Gerätes (IV).

M) Ist der Gitterkondensator unterbrochen, so fehlt die Zuführung der Hochfrequenz (I). Bei Kurzschluß des Kondensators arbeitet das Audion unregelmäßig und schlecht. Es ist besonders bei Abschirmungen zu achten, ob diese nicht den Kurzschluß verursachen. Durch schlechte Isolation des Kondensators ergibt sich leiserer Empfang (II).

N) Die Rückkopplung setzt nicht ein, wenn der Rückkopplungskondensator unterbrochen ist. Ein Fernempfang ist dann gewöhnlich nicht möglich. Durch Kurzschluß des Kondensators ergibt sich nahezu keine Spannung an der Anode, daher kein Empfang bei gleichzeitiger Ueberlastung des Anoden- und Anodensiebwiderstandes (I). Durch Verschmutzung oder schlechte Lötstellen kann zufolge hoher Uebergangswiderstände ein Lautstärkerückgang eintreten (II). Isolationsfehler verursachen Knacken und Kratzen und es tritt Anodenspannungsverminderung ein (III, IV).

O) und P) Es gelangt keine Hochfrequenz an den Demodulator, wenn der Abstimmkondensator oder der parallel geschaltete Abgleichtrimmer kurzgeschlossen sind. Besonders der Abgleichtrimmer kann leicht dauernden Kurzschluß bzw. Masseschluß verursachen. Beim Abstimmkondensator ergibt sich häufig an einer oder mehreren Stellen ein Plattenschluß (I). Die Prüfung erfolgt am besten durch Einspeisung modulierter Hochfrequenz an I und mit dem Leitungsprüfer zur Feststellung eventueller Unterbrechungen des Schwingungskreises. Erhöhte Schwingkreisverluste durch schlechte Lötstellen oder verschmutzte Platten verursachen einen Lautstärkerückgang. Ebenso auch Unterbrechungen und mechanische Fehler des Trimmers, die eine Kapazitätsänderung zur Folge haben, durch die Verstimmung des Kreises (II). Bei großen Lautstärken kann sich durch ein Mitschwingen der Kondensatorplatten eine Verklirrung ergeben (III). Das Mitschwingen erfolgt bei bestimmten Frequenzen besonders stark. Abhilfe erfolgt durch Einbau einer Gummizwischenlage zwischen Kondensator und Chassis.

Qu) Kein Empfang bei Unterbrechung, Kurzschluß oder Masseschluß von Gitter- oder Rückkopplungsspulen (I). Ein Windungsschluß oder Lagenschluß der Wicklungen äußert sich bei den Gitterkreisspulen als Gleichlaufstörung, bei den Rückkopplungsspulen als Verschiebung des Rückkopplungseinsatzes, wodurch man geringere Lautstärke erhält (II). Strömungen können sich durch Brumminduzierung bei fehlerhafter Abschirmung der HF-Spulen ergeben (IV).

R) Verschmutzte Wellenschalterkontakte oder nicht funktionierende Schalter verursachen leisen Empfang. Liegt der Fehler im Gitterkreis, so kann durch die Dämpfung der Abgleich gestört sein, im Koppelkreis wird zufolge nicht oder schlecht funktionierender Rückkopplung ebenfalls der Empfang geschwächt (II). Verschmutzte Wellenschalterkontakte verursachen auch ein Rauschen und Krachen, dies wird besonders hörbar und daher störend beim Empfang schwacher Sender, wenn der Lautstärkeregler weit aufgedreht ist. Ist der schlechte Kontakt im Rückkopplungskreis, so erfolgt Rückkopplungspfeifen je nach Kontaktgabe (IV).

Treten im Gerät Brumm- und Pfeifstörungen auf, so wird man alle Abschirmungen auf gute Masseverbindung untersuchen. Die Skaleneichung des Gerätes hängt beim Geradeausempfänger vom Audion-Abstimmkreis ab. Wenn die Eichung nicht stimmt, können mechanische Mängel, wie verbogene oder verschobene Skalenzeiger die Ursache sein. Ist dies nicht zutreffend, so sind Abstimmkondensator, Abgleichtrimmer, Gitterkreisspulen u. Hochfrequenzdrossel in elektrischer Hinsicht zu untersuchen. Verschmutzung der Kondensatorplatten, teilweiser Plattenschluß, verschobenes Plattenpaket, verbogene Abgleichplatten, schlechte Masseverbindung der Spulen-Abschirmbecher, verschobene oder beschädigte Abschirmbecher, mechanische Fehler des Paralleltrimmers, welche zu Kapazitätsverminderung desselben führen, Windungsschlüsse der Gitterkreisspulen, verstellte Hochfrequenzeisenkerne und teilweiser oder völliger Kurzschluß der Anodendrossel können die Ursachen eines Eichfehlers (Skalenfehlers) sein.

Fehlersuche im Zwischenfrequenzverstärker.

(Abbildung 7)

Zur Ueberprüfung, ob die Zwischenfrequenzstufe richtig funktioniert, legt man an das Gitter der ZF-Röhre modulierte Hochfrequenz mit einer Spannungsgröße und Frequenz gleich der im Gerät verwendeten Zwischenfrequenz.

Kathodenkombination und Ausgangsbandfilter der ZF-Stufe wurden in ihrer Auswirkung auf Demodulation und Regelspannungserzeugung bereits früher behandelt, sind aber natürlich für die richtige *Funktion* der Zwischenfrequenzverstärkung gleichfalls wichtig.

53. Ist der Kathodenwiderstand unterbrochen, so kann der Verstärker nicht arbeiten. Das gleiche gilt für jede andere Unterbrechung im Kathodenkreis (I). Bei abweichenden Widerstandswerten verändert sich der Ar-

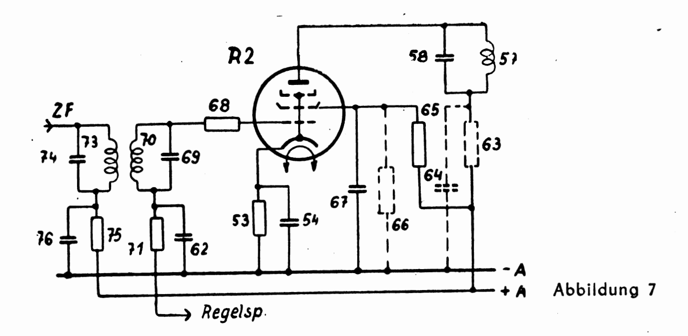


Abbildung 7

beitspunkt der Röhre (II, III). Bei abweichender Kathodenspannung tritt auch verstärktes Brummen auf (IV). Siehe auch früher.

54. In bezug auf den ZF-Verstärker treten wieder die durch Veränderung des Röhren-Arbeitspunktes verursachten Erscheinungen auf, wenn der Kondensator Isolationsfehler aufweist oder kurzschließt (II bzw. III). Ist der Kathodenkondensator unterbrochen, so ergibt sich ein stärkeres Brummen (IV). Siehe auch früher.

55 und 56. Siehe früher.

57 und 58. Siehe auch früher. Liegt eine Unterbrechung in der ZF-Spule oder in den Leitungen vor und nach dem Schwingungskreis vor, so erhält die Röhre keine Anodenspannung (I). Ist der Kondensator unterbrochen oder kurzgeschlossen, kann durch die starke Verstimmung keine ZF mehr übertragen werden, es ergibt sich daher kein Empfang. Bei geringerer Verstimmung des ZF-Kreises, wenn z. B. einige Windungen vom Spulenkörper abgeglitten oder kurzgeschlossen sind, ergeben sich Störungen des Abgleichs (II, III).

63. Ist ein etwa vorhandener Anodensiebwiderstand unterbrochen, so erhält die Röhre R 2 keine Anodenspannung (I). Bei abweichendem Widerstandswert ergibt sich eine andere Anodenspannung und damit veränderte Betriebsbedingungen (II, III). Größte Anodenspannung, jedoch keine zusätzliche Siebwirkung erhält man, wenn der Widerstand kurzgeschlossen ist (IV).

64. Die Röhre R 2 erhält keine Anodenspannung, wenn der Anodensiebkondensator Kurzschluß aufweist. Dabei kann der Anodensiebwiderstand 63 überlastet werden (I). Zeigt der Kondensator schlechte Isolation, so vermindert sich entsprechend die Anodenspannung und auch die Siebwirkung wird eine geringere (II, III und IV). Ist der Kondensator unterbrochen, so erhält man keine Siebwirkung und daher erhöhten Brumm (IV).

65. Eine Unterbrechung des Schirmgitterwiderstandes oder auch in den Leitungen des Schirmgitterkreises führt zum Ausbleiben des Empfanges wegen fehlender Schirmgitterspannung (I). Alterungserscheinungen des Widerstandes führen zu abweichenden Schirmgitterspannungen (II, III). Häufig sind schadhafte Widerstände schuldtragend an Störgeräuschen (IV).

66. Arbeitet die Röhre mit fester Schirmgitterspannung (Potentiometerschaltung), so ist bei Kurzschluß des Widerstandes keine Schirmgitterspannung vorhanden (I). Abweichende Widerstandswerte ergeben entsprechend geänderte Schirmgitterspannung (II, III). Ist der Widerstand unterbrochen, so arbeitet die Röhre mit gleitender Schirmgitterspannung.

67. Ein Kurzschluß des Schirmgitterkondensators schließt gleichzeitig die Schirmgitterspannung kurz (I). Schlichte Isolation des Kondensators vermindert die Schirmgitterspannung (II, III). Pfeifen durch Selbst-Erregung der Stufe kann die Folge einer Unterbrechung des Kondensators sein (IV).

68. Ergibt sich ein Kurzschluß des UKW-Siebwiderstandes (eventuell in die Gitterkappe eingebaut), so können Pfeifstörungen als Folge von UKW-Erregung erfolgen (IV).

69. Durch Fehler im Eingansbandfilter wird die Uebertragung der ZF ans Gitter der Röhre verhindert. Bei Kurzschluß des Schwingkreises durch den Kondensator setzt der Empfang aus. Ebenso bei Unterbrechungen in den Zuleitungen des Schwingungskreises (I). Schlechte Lötverbindungen verursachen hohe Kreisdämpfung (II). Abweichende Kapazitätswerte sind möglich infolge Alterungserscheinungen oder bei unterbrochenem Belag (II, III).

70. Der Schwingkreis kann auch durch die Spule kurzgeschlossen werden (I). Schlechte Lötverbindung der Litzenenden der Spule bedingt eine hohe Kreisdämpfung (II).

71 siehe 61. Bei Unterbrechungen des Siebwiderstandes der Regelleitung ist der Gitterkreis der Röhre R 1 offen. Dies hat Störungen wie Tröpfeln und Pfeifen durch Selbsterregung zur Folge (IV).

72 siehe 62. Fehlerhaftes Arbeiten der Automatik bei schlechter Isolation des Kondensators (III). Schadhafte Kondensatoren verursachen Störgeräusche (IV).

Die Abschirmungen in der ZF-Stufe erfolgen meist nicht nur gitter- sondern auch anodenseitig. Die Bandfilter selbst befinden sich in Abschirmtöpfen. Die gute Erdung (Masseverbindung) sämtlicher Abschirmungen ist zu überprüfen, da bei Fehlern sich die Abstimmung der ZF-Kreise ändert. Fehlerhafte Isolation in abgeschirmten Leitungen verursacht unerwünschte Schwingkreisdämpfung.

Es kommt vor, daß sich ZF-Bandfilter nicht abgleichen lassen. Schuldtragend kann ein beschädigter Hochfrequenz-Eisenkern sein.

Schwingneigung und Pfeifen sind besonders häufige Erscheinungen in ZF-Stufen. Besonders zweistufige ZF-Verstärker mit mehr als vier Zwischenfrequenzkreisen sind sehr störanfällig. Sind die Röhren gut und Betriebsspannungen richtig, so sind vor allem die Kondensatoren zu untersuchen (54, 64 und 67). Durch schlechte Abschirmungen treten durch Rückwirkungen Pfeifstörungen ein. Bei Geräten, welche geändert wurden, ergibt unüberlegte schlechte Leitungsführung häufig solche unerwünschte Kopplungen.

Fehlersuche in der Mischstufe.

(Abbildung 8)

Wieder kann eine schnelle Ueberprüfung durch Anlegen modulierter Hochfrequenzspannung an das Steuergitter der Mischröhre erfolgen. Die dabei gewählte Frequenz kann eine beliebige innerhalb des gewählten Empfangsbereiches sein.

Liegt ein Fehler vor, so wird man sich in erster Linie davon überzeugen, ob der Oszillator überhaupt schwingt. Dies geschieht am besten durch Messung des Schwingstromes mit Hilfe eines empfindlichen Gleichstrommessers. In Abbildung 8 ist strichliert eingezeichnet, wie dieser einzuschalten ist, nämlich an das sogenannte kalte Ende. Ist keine Kathodenkombination vorhanden, dann kommt der + Pol des Instrumentes direkt an die Bezugsleitung. Die Schwingstromwerte für die heute am häufigsten verwendete Mischröhre ECH 11 sind:

Kurzwellenbereich	0,16 bis 0,24 mA
Normalwellenbereich	0,24 bis 0,32 mA
Langwellenbereich	0,32 bis 0,40 mA

Indem man den Drehkondensator langsam durchdreht, sind alle Wellenbereiche über ihren ganzen Bereich zu überprüfen. Es gibt Oszillatorfehler, bei denen der Schwingstrom an gewissen Stellen plötzlich aussetzt (sogen. Schwingungslöcher) oder sprunghaft ansteigt.

73. Ist die ZF-Kreisspule unterbrochen, so erhält die Mischröhre R 1 keine Anodenspannung (I). Ein Windungsschluß der Spule stört den Abgleich (II, III).

74. Kurzschluß oder Unterbrechung des ZF-Schwingkreiskondensators bewirken eine so weitgehende Verstimmung des Bandfilters, daß kein Empfang mehr möglich ist (I). Verminderte Kapazität und schlechte Isolation haben Abgleichstörungen zur Folge (II, III).

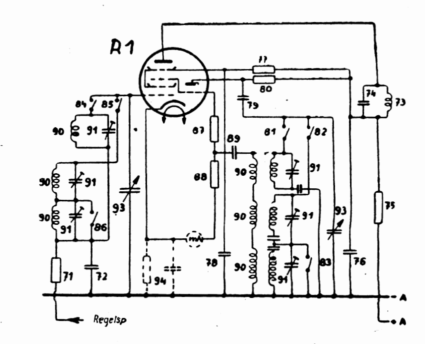


Abbildung 8

75. Fehler im Anodensiebwiderstand wirken sich in gleicher Weise wie beim Zwischenfrequenzverstärker aus. Siehe 63.

76 siehe unter 64.

77. Liegt eine Unterbrechung des Schirmgitterwiderstandes oder seiner Anschlußleitungen vor, so bleibt die Mischstufe ohne Schirmgitterspannung (I). Gealterte Widerstände haben falsche Betriebsspannungen wegen des veränderten Widerstandswertes zur Folge (II, III). Schadhafte Widerstände verursachen auch Brummen, sowie bei Kontaktstörungen Kratzen und Rauschen (IV).

78. Infolge eines Kurzschlusses oder schlechter Isolation des Schirmgitterkondensators ergibt sich keine oder eine stark verminderte Schirmgitterspannung (I). Bei weniger ausgeprägtem Fehler geringe Lautstärke mit Verzerrungen (II, III). Störgeräusche, vor allem Brummen, stellen sich b. unterbrochenem Kondensator ein (IV).

79. Ist der Anodenkondensator im Oszillator unterbrochen, so erhält man keinen Empfang, da der Oszillator nicht schwingt (I). Wird im Kurzwellenbereich kein Serienkondensator benützt, dann erfolgt Kurzschluß der Anodenspannung, wenn der Anodenkondensator durchgeschlagen ist. Durch schlechte Isolation des Kondensators erfolgt eine Verringerung der Anodenspannung und Schwingamplitude (II, III).

80. Bei einer Unterbrechung des Oszillator-Anodenwiderstandes oder einer Leitungsunterbrechung im Oszillator-Anodenkreis mißt man keinen Schwingstrom, weil der Oszillator nicht arbeitet (I). Bei gealterten Oszillator-Anodenwiderständen zeigt sich verringerte Schwingamplitude (II, III). Widerstände mit Kontaktstörungen verursachen Störgeräusche (IV).

81, 82 und 83. Durch Uebergangswiderstände in den Wellenschalterkontakten, wie sie sich durch verschmutzte Kontakte, gebrochene Schaltnocken, ermüdete Kontaktfedern usw. ergeben, können die Kreise so stark gedämpft werden, daß es zum Aussetzen der Schwingungen kommt. Mitunter erfolgt ein Abreißen der Schwingungen auch nur bei bestimmter Stellung des Abstimmkondensators (I). Sind Spulen mit Kurzschlußkontakten vorhanden (83), so treten Resonanzstellen bei bestimmter Stellung des Drehkondensators auf, wenn der Kurzschluß nicht einwandfrei erfolgt (II). Verschmutzte Wellenschalterkontakte und ermüdete Kontaktfedern sind Ursache von Krachgeräuschen, Rauschen u. Kratzen (IV).

84, 85 und 86. Kontaktfehler im Wellenschalter wie unter 81 bis 83 verursachen auch im Eingangskreis dieselben Fehlererscheinungen.

87 und 88. Die Oszillatorschwingung setzt aus, wenn ein Gitterwiderstand unterbrochen ist (I).

89. Bei Unterbrechung des Gitterkondensators schwingt der Oszillator nicht. Auch bei Kapazitätsverlust kommt es u. U. zum Aussetzen der Schwingungen (I). Bei beschädigtem Gitterkondensator ergibt sich ein schlechter Schwingungseinsatz und geringe Schwingungsamplitude, dadurch auch eine Arbeitspunktverschiebung (II, III). Bei verringerter Kapazität des Kondensators schwingt der Oszillator schlecht und kann es vor allem zum Aussetzen des Empfanges auf Kurzwellen kommen.

90. Unterbrechungen von Schwingkreisspulen bewirken das Versagen des Gerätes. Im Oszillator führt außer einer Unterbrechung der Schwingkreisspule auch eine solche der Rückkopplungsspule zum Aussetzen der Oszillatorschwingung. Je nachdem, wo die Unterbrechung liegt und wie die Bereich-Umschaltung erfolgt, kann ein Bereich oder auch alle ausfallen. Auch durch zu lose Kopplung, z. B. infolge verschobener Rückkopplungswicklung oder einzelner abgefallener Windungen, setzen die Oszillatorschwingungen aus. Ebenso kann auch ein Abreißen der Schwingungen bei zu fester Kopplung erfolgen (I). Windungsschlüsse in den Spulen führen zufolge der Induktivitätsverminderung zu Abgleichstörungen. Es ergibt sich gleichzeitig eine erhöhte Dämpfung mit entsprechendem Lautstärkerückgang. Erhöhte Kreisdämpfung erhält man auch durch schlechte Lötstellen an den Litzen-Enden (II). Bei zu fester Rückkopplung im Oszillator ergibt sich ein zu hoher Schwingstrom und es treten Oberwellen der Oszillatorschwingung auf (Pfeifgefahr) (III). Ein unstabiler Windungsschluß in einer Spule verursacht Krachgeräusche, besonders bei mechanischen Erschütterungen (IV).

91. Durch die Abgleichtrimmer ist eine Reihe von Kurzschlußmöglichkeiten gegeben. Bei Supern mit Kurzwellenbereich liegen die Trimmer parallel zu den Spulen. Der schlechte Trimmer schließt dann jeweils den betreffenden Bereich kurz. Liegt der Trimmer parallel zum Drehkondensator, so ist der Schwingkreis kurzgeschlossen (I). Mechanische Trimmerfehler, wie gebrochene Belege (Kapazitätsverminderung), Uebergangswiderstände usw., verursachen Abgleichstörungen und bei Dämpfung des jeweiligen Kreises Lautstärke- und Trennschärfeverminderung (II, III).

92. Die zu den Schwingspulen angeordneten Serienkondensatoren können durch Uebergangswiderstände eine Lautstärkeverminderung verursachen (II, III). Kurzschluß des oder der Serienkondensatoren hat Gleichlaufstörungen zur Folge (I).

93. Eine Unterbrechung des Drehkondensators oder ein Plattenschluß bewirkt im Vorkreis ein Versagen des Gerätes, weil keine Empfangsfrequenz ans Gitter kommt, im Oszillatorkreis wird dadurch die Oszillatorschwingung unmöglich gemacht. Auch durch schlechten Kontakt der Kondensatorplatten kann eine so große Dämpfung entstehen, daß keine Schwingungen mehr einsetzen (I). Kommt es nicht direkt zum Aussetzen der Schwingungen, so wird bei Platten mit schlechtem Kontakt leiser Empfang die Folge sein (II). Heulerscheinungen treten mitunter bei großen Lautstärken durch Vibrieren der Drehkondensatorplatten auf (IV).

94. Bei Unterbrechung des Kathodenwiderstandes oder der Kathodenleitung fließt kein Anodenstrom (I). Durch Alterungserscheinungen des Kathodenwiderstandes erfolgen Arbeitspunktverschiebungen der Mischröhre. Ebenso auch durch schlechte Isolation des Kathodenkondensators (II, III). Bei Regelröhren ist infolge zu großer negativer Gittervorspannung nur der Empfang starker Sender möglich, weil die Schwundautomatik die Empfindlichkeit wesentlich verringert. Bei unterbrochenem Kathodenkondensator zeigt sich verstärktes Brummen (IV).

Die bereits beim Zwischenfrequenzverstärker besprochenen Rückwirkungen (Pfeifen), z. B. infolge schadhafter Abschirmungen, gelten in gleicher Weise auch für die Mischstufe. Auch ungenügende Abgleichmöglichkeit durch Spulenfehler (beschädigte Kerne) oder fehlerhafte Trimmer kann wieder in Erscheinung treten. Abweichende Eichung kann in ähnlicher Weise wie beim Audion oder Anodengleichrichter des Geradeausempfängers beschrieben wurde, durch mechanische Fehler am Skalentrieb oder elektrische Fehler (geänderter Kapazitätswert von Kondensator oder Trimmer, schadhafte Spule oder Trimmer usw.) bedingt sein.

Fehlersuche im Hochfrequenzverstärker.

(Abbildung 9)

Die Hochfrequenzverstärkung wird meist nur in Groß-Supern angewendet, da sie gewöhnlich infolge der Verstärkung in der Mischstufe und der ZF-Stufe entbehrlich ist. Nur für besonders hohe Ansprüche in bezug auf den Empfangsbereich wird also noch eine Hochfrequenzstufe vor dem Mischrohr Verwendung finden. Hingegen wird sich beim Geradeausempfänger immer eine Hochfrequenzstufe finden, wenn wir vom Einkreiser absehen. Eine solche Hochfrequenzstufe ist in Abbildung 9 für zwei Empfangsbereiche gezeichnet. Die Fehler im Hochfrequenzverstärker sind nicht wesentlich verschieden von denen im Zwischenfrequenzverstärker, da die Schaltungen technisch einander weitgehend entsprechen. Der Zwischenfrequenzverstärker ist ja gleichfalls ein Hochfrequenzverstärker.

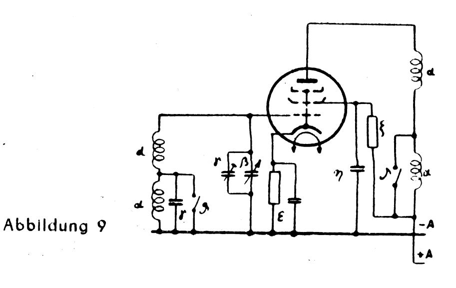


Abbildung 9

Speist man modulierte Hochfrequenz einmal am Gitter und dann an der Anode der Stufe ein, so kann man rasch feststellen, ob ein Fehler vorliegt. Das Gerät muß dabei natürlich auf die Frequenz des verwendeten modulierten Hochfrequenzsignals abgestimmt werden.

α) Durch Unterbrechungen in den Spulen setzt je nach der Schaltung der Empfang auf ein oder mehreren Bereichen aus (I). Windungsschlüsse vermindern die Empfangslautstärke. Ebenso auch Verstimmungen des Abgleiches, in welchem Falle sich gleichzeitig eine schlechtere Trennschärfe ergibt. Es muß dann durch Nachstellen der Selbstinduktion genau abgeglichen werden (Nachgleichen) (II).

β) Es ist ein Plattenschluß des Drehkondensators an ein oder mehreren Stellen oder auch über den ganzen Bereich möglich (I). Bei stark verschmutztem Drehkondensator ergibt sich eine Dämpfung des Gitterkreises (II).

γ) Durch Kurzschlüsse in den Trimmern fallen ein oder mehrere Wellenbereiche aus (I). Bei verstimmtem Abgleich Trimmer nachstellen (nachgleichen) (II).

δ) Nicht richtig funktionierende Wellenschalterkontakte führen zu verringerter Lautstärke oder auch zum völligen Versagen des Gerätes auf bestimmten Wellenbereichen (abhängig von der verwendeten Schaltung) (I, II).

ε) Siehe 53 und 54.
ϛ) Siehe 65.
η) Siehe 67.

Wird eine Drosselkopplung verwendet, so ergeben sich durch Drossel und Kondensator Fehlermöglichkeiten. Bei direktem Kurzschluß oder schlechter Isolation des Kondensators kommt Anodenspannung zum Gitter der nachfolgenden Röhre, wodurch eine Verlagerung des Arbeitspunktes und damit Verzerrungen entstehen. Die Drossel ist auf Kurzschluß bzw. Lagenschluß zu überprüfen.

Fehlt bei Hochfrequenzstufen die Masse- bzw. Kathodenverbindung der Röhrenmetallisierung, so kann dies zum Schwingen (Selbsterregung) der Stufe führen. Aus dem gleichen Grunde sind auch alle Abschirmleitungen und Abschirmbecher auf einwandfreie Masseverbindung zu untersuchen, ferner ob der Abstimmkondensator gute Masseverbindung hat.

Durch fehlerhafte Wellenschalterkontakte im Gitterkreis werden häufig Krachgeräusche verursacht. Ebenso sind hiefür oft Röhren mit Abschirmkappe, wie z. B. A- und C-Röhren, welche den Gitteranschluß am Glaskolben oben haben, schuldtragend, wenn Wackelkontakte oder zeitweilige Schlüsse in der Abschirmkappe auftreten.

Fehlersuche im Antennenkreis.

(Abbildung 10)

Modulierte Hochfrequenz, welche frequenzmäßig innerhalb des eingestellten Empfangsbereiches liegt, wird der Reihe nach an den Punkten V, W, X und Y gegen Bezugspunkt eingespeist. Ergibt sich nach Einstellung des Gerätes auf die betreffende Frequenz kein Empfang des Modulationssignals, während dieses empfangen wird, sobald Punkt Z gegen Bezugspunkt gespeist wird, so liegt ein Fehler im Antennenkreis vor. Man kann durch dieses schrittweise Vorgehen meist schon erkennen, wo eine Unterbrechung vorhanden sein muß.

Im Folgenden ist unter der Kennzeichnung „Kein Empfang" (I) vor allem die Unmöglichkeit des Fernempfanges zu verstehen. Der Ortsempfang ist ja, wenn auch mit verringerter Lautstärke, fast immer möglich, meist sogar auch noch, wenn die Hochfrequenzstufe versagt. Verzerrungen treten durch Fehler im Antennenkreis im allgemeinen nicht auf, da ja keine nichtlinearen Glieder (Röhren) vorhanden sind, die solche verursachen könnten.

95. Unterbrechung im Antennenkreis durch beschädigte Antennenbuchse. Der Empfänger arbeitet dann ohne Antenne (I).

96. Kein Fernempfang bei unterbrochenem Antennenkopplungskondensator (Verkürzungskondensator) (I). Bei Geradeausempfängern ohne HF-Vorstufe ist die Eichung und Empfindlichkeit vom Antennenkreis abhängig. Ein schadhafter Antennenkopplungskondensator

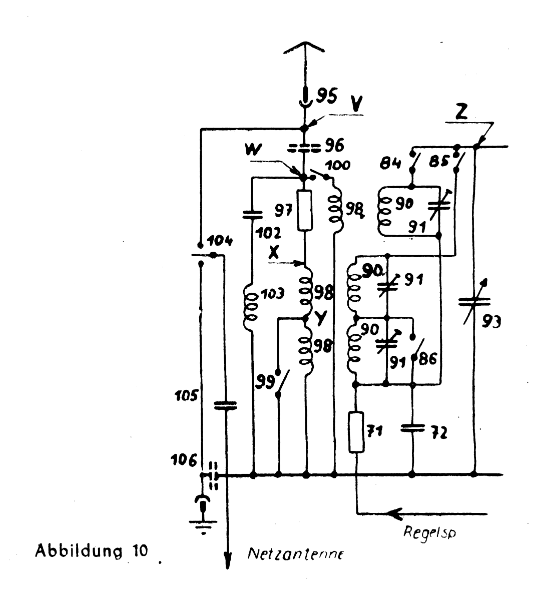


Abbildung 10

hat dann außer einer Verringerung von Empfindlichkeit und Trennschärfe auch noch eine Verschiebung der Eichung zur Folge (I). Auch Störgeräusche werden durch schadhaften Kopplungskondensator verursacht, besonders bei Geradeausempfängern, welche mit diesem Kondensator die Abstimmung vornehmen (IV).

97. Zwecks Vermeidung von Resonanzerscheinungen im Antennenkreis und der dadurch bedingten Empfindlichkeitsänderungen befinden sich mitunter Dämpfungswiderstände im Antennenkreis. Eine Unterbrechung im Dämpfungswiderstand bedeutet somit eine Unterbrechung des Antennenkreises (I). Bei Beschädigungen dieser Widerstände ergibt sich ein leiser Empfang (II).

98. Befinden sich Unterbrechungen in den Antennenspulen, so fallen je nach der verwendeten Schaltung ein oder mehrere Empfangsbereiche aus. Manchmal findet man verbrannte Antennenspulen. Dann muß ein weiterer Fehler im Gerät vorhanden sein. Bei Allstromgeräten z. B. ein schadhafter Kondensator (96), wobei die Erde in die Antennenbuchse eingeführt wurde (I). Die Antennenspulen können auch Kurzschlußwindungen aufweisen (II).

99 und 100. Bei schadhaften Wellenschalterkontakten funktionieren je nach der verwendeten Schaltung ein oder mehrere Bereiche nicht (I). Verminderung der Lautstärke tritt ein, wenn z. B. Kontakt 99 infolge Verschmutzung oder ermüdeter Kontaktfeder bei Langwellenempfang nicht öffnet oder bei Normalwellenempfang nicht schließt (II). Fehlerhafte Kontakte des Wellenschalters im Antennenkreis verursachen auch Störgeräusche auf bestimmten Wellenbereichen, die wiederum in Abhängigkeit der verwendeten Umschalteinrichtung sind (IV).

101. Der Wellenschalter betätigt in Stellung T.A. einen Kontakt, welcher mit dem Antennenkreis nicht zusammenhängt, sondern wahlweise einen Tonabnehmer (P. U.) anzuschließen gestattet (Abbildung 1 und Abbildung 4). Schließt der Kontakt in Stellung T.A. nicht, so erhält man keine Schallplattenwiedergabe (I). Oeffnet er nicht in den anderen Schaltstellungen, so bleibt der Tonabnehmer dem Lautstärkeregler parallel geschaltet und setzt daher dessen Widerstand bedeutend herab (II). Wird kein Tonabnehmer angeschlossen, so ist die Funktion dieses Kontaktes ohne Belang.

102 und 103. Der Antennenkreis kann durch einen fehlerhaften ZF-Saugkreis kurzgeschlossen werden, nämlich wenn sowohl Kondensator als auch Spule Kurzschluß aufweisen. Man überzeugt sich durch Abtrennen des ZF-Saugkreises (I). Kurzschlüsse in Kondensator oder Spule schwächen den Empfang (II). Unterbrechungen oder starke Verstimmung des Kreises führen zu Pfeif- oder Telegraphiestörungen, je nach der Art des Störsenders, der in der Nähe der Zwischenfrequenz arbeitet. Auch die Oberwellen von stärkeren Sendern, die in die Größe der Zwischenfrequenz fallen, machen sich bemerkbar (IV).

104. Ist der Umschalter für die Lichtantenne fehlerhaft, so arbeitet das Gerät ohne Antenne (I). Erfolgt die Umschaltung automatisch, d. h. wird beim Herausziehen der Antennenbuchse selbsttätig auf das Lichtnetz geschaltet, so ergeben sich häufig Störgeräusche, wenn diese Umschalteinrichtung fehlerhaft ist (IV).

105. Ist der Kondensator für die Lichtantenne unterbrochen, so ist nur mit außen angeschalteter Antenne der Empfang möglich (I). Kurzschluß oder schlechte Isolation des Netzantennenkondensators kann zur Beschädigung der Antennenspulen führen, wenn im Antennenkreis kein weiterer Schutzkondensator mehr liegt.

106. Der Erdschutzkondensator ist bei Allstrom-Geräten erforderlich. Bei Beschädigungen desselben treten Kurzschlüsse im Netz auf.

Mitunter ist ein Orts-Fern-Schalter vorhanden, der meist im Antennenkreis liegt. Dieser ist dann gleichfalls auf Unterbrechungs- und Kurzschlußmöglichkeiten zu untersuchen. Eventuell kann eine Spiegelfrequenzsperre Verwendung finden, welche die Ursache von Fehlern sein kann. Geradeausempfänger und kleine Super haben häufig Ortssender-Sperrkreise. Eine Verstimmung derselben bewirkt leisen, verzerrten Ortsempfang, während der Fernempfang meist richtig funktioniert. Bei Spezialschaltungen, wie z. B. Drucktastenempfänger, müssen alle weiteren noch nicht besprochenen Empfängerteile (Drucktastenmechanik) auf Fehlermöglichkeiten untersucht werden. Störgeräusche treten ohne Antenne immer stärker in Erscheinung, es empfiehlt sich daher, beim Auftreten von Störgeräuschen zu untersuchen, ob keine Unterbrechung der Antenne im Empfängereingang vorliegt. Oft ist zwischen Antennenbuchse und Antennenspule ein Abschirmkabel verwendet. Bei zeitweiligem Schluß im Kabel ergeben sich Krachgeräusche.

Mitunter arbeitet ein Empfänger bei der Ueberprüfung einwandfrei, trotzdem aber klagt der Eigentümer über Störungen. Es ist dann kein Fehler im Empfänger, wohl aber vermutlich in der Antennen- oder Erdanlage vorhanden. Meist finden sich Wackelkontakte oder Unterbrechungen. Antennenschalter und Antennenzuführung sind zu überprüfen.

Liegt eine besonders ungünstige Empfangslage vor (störverseuchte Antenne), so ist natürlich keine Abhilfe möglich. Dipl.-Ing. F. J.

Bahn-Umspannwerk St. Johann im Pongau

Vor kurzem wurden die Arbeiten an dem derzeit größten Umspannwerk der österreichischen Eisenbahnen in St. Johann im Pongau abgeschlossen. Die Anlage hat die Aufgabe, drei in St. Johann zusammenlaufende elektrifizierte Strecken mit Fahrdrahtenergie zu versorgen. Es handelt sich um die Strecken nach Salzburg, Saalfelden und Mallnitz. Die erforderliche Energie wird über eine Hochspannungs-Freileitung aus Uttendorf zugeleitet, die Spannung beträgt 110.000 Volt bei $16^2/_3$ Perioden. Großtransformatoren, von denen vorläufig zwei Stück aufgestellt sind, verwandeln diese in die im Bahnbetrieb übliche Fahrdrahtspannung von 16,5 kV, die Verteilung der Energie auf die zu versorgenden Streckenabschnitte erfolgt über vorläufig 6 Speisekabel.

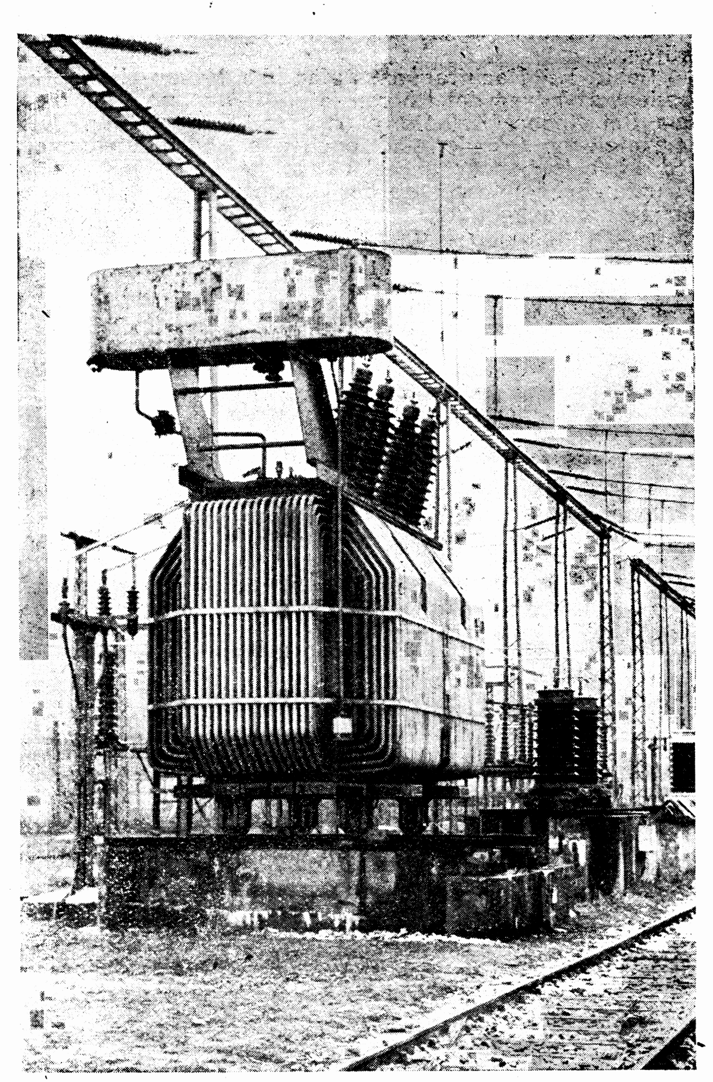
Schon rein äußerlich gliedert sich die gesamte Anlage in zwei deutlich voneinander unterscheidbare Teile. Der eine umfaßt die Freiluft-Schaltanlage für 110 kV, in deren unmittelbarer Nähe — ebenfalls unter freiem Himmel aufgestellt — sich auch die Transformatoren befinden, der andere besteht aus dem Niederspannungsteil und den Hilfseinrichtungen, die alle in einem festen Gebäude untergebracht sind. Der letztere Teil, also die Niederspannungseinrichtung, die Hilfsmaschinen, Kontrollapparate usw., sowie die Transformatoren, wurden von der E l i n - A. - G. erstellt, während die Hochspannungs-Freiluft-Schaltanlage von der Firma S p r e c h e r - S c h u h stammt.

Die Anlage wurde nach den modernsten Gesichtspunkten erstellt, alle Schalter, die Hochspannung führen, sind durch Druckluft gesteuert und werden durch eine eigene Fernmeldeanlage dauernd überwacht. Die Anzeige erfolgt mittels Lichtsignalen auf großen und übersichtlichen Wandtableaus in der Schaltwarte. Das Gebäude enthält im Erdgeschoß die Kabelendverschlüsse und die Hilfsschienen, während sich die Schaltwarte, die Sammelschienen, sowie die Trenn- und Leistungsschalter im ersten Stock befinden.

Die schon erwähnten Großtransformatoren, die im Freien aufgestellt sind, leisten je 6,5 MVA. Im Endausbau sind deren vier vorgesehen, von denen zur Zeit aber nur zwei montiert wurden. Um bei Vollbetrieb auftretende Lastspitzen meistern zu können, ist auch noch eine Anschlußmöglichkeit für zwei fahrbare Unterwerke gleicher Leistung vorbereitet. Diese sollen je nach Bedarf im ortsveränderlichen Einsatz verwendet werden, um jeweils überlasteten Strecken aushelfen zu können. Auf diese Weise läßt sich *eine ganze* Anzahl nicht dauernd vollbelasteter Geräte mit ortsfester Aufstellung einsparen. Die Zahl der Streckenspeisekabel beträgt vorläufig 6, eine spätere Vermehrung auf 8 ist geplant.

Zu den Hilfseinrichtungen zählen die Kompressoren, die Preßluft zur Betätigung der Schalter erzeugen, eine Umformer-Anlage für 220 Volt Gleichstrom, die über eine reichlich bemessene Akkumulatorenbatterie die genannten Kompressoren speist und das ganze Werk mit Beleuchtung und Beheizung versorgt. Dieser Weg wurde gewählt, um bei etwaigem Netzausfall die Bedienung der Schalter, sowie die Funktion der Lichtanlage auf alle Fälle sicherzustellen.

In einem Nebengebäude befinden sich die Unterkunftsräume für das Bedienungspersonal, Werkstätten und Garagen für die zum Betrieb erforderlichen Fahrzeuge. Ingo.



Umspanner der Staatseisenbahn

Das Abgleichen eines Supers ohne Hilfsmittel

Um einen Super wieder abzugleichen, bei dem sowohl der Oszillatortrimmer wie auch die Zwischenfrequenztrimmer um einen unbekannten Betrag verstimmt sind, braucht man üblicherweise einen Meßsender. Im folgenden ist nun ein Verfahren beschrieben, welches 1942 von Radio-Mentor entwickelt und dort auch in Heft 3/42 veröffentlicht wurde.

Das Verfahren macht von der Tatsache Gebrauch, daß sich jeder Sender mit zwei verschiedenen Oszillatoreinstellungen empfangen läßt, die Oszillatorfrequenzen entsprechen, von denen die eine um den Betrag der Zwischenfrequenz oberhalb und die andere um den gleichen Betrag unterhalb der Empfangsfrequenz liegt. Die Anwendung der Methode ist außerordentlich einfach und der Abgleich ist in wenigen Minuten vorzunehmen. Allerdings ist Voraussetzung, daß bei dem betreffenden Gerät die Skala sehr genau in Frequenzen geeicht ist, oder noch besser, daß sie so viele Sendernamen an der richtigen Stelle enthält, daß sich aus den bekannten Senderfrequenzen derselben zwei bestimmte Frequenzen auf der Skala genau einstellen lassen.

Zur Durchführung des Verfahrens lötet man die Zuleitungen zu dem Drehkondensator des Hochfrequenzkreises unmittelbar vor der Mischröhre ab und ersetzt diesen durch einen beliebigen anderen äußeren Drehkondensator, so daß dieser Eingangskreis unabhängig von dem Abstimmknopf des Geräts abgestimmt werden kann, dieser vielmehr nur den Oszillatorkreis abstimmt und den Skalenzeiger verstellt. Ein etwa noch vorhandener Eingangskreis vor einer Vorröhre wird dadurch außer Wirksamkeit gesetzt, daß die Antenne direkt mit dem nicht geerdeten Anschluß des Zusatzdrehkondensators verbunden wird. Man kann dann jeden Sender bei zwei Einstellungen des Zeigers finden. Man wählt sich einen Sender, dessen Frequenz ungefähr bei 1500 kHz, also ganz am oberen Ende des Bereichs liegt. Dann wird, wenn die richtige Zwischenfrequenz des Geräts 468 kHz ist und diese richtig eingestellt wäre, dieser Sender einmal zu hören sein, wenn der Oszillator die Frequenz 1968 kHz besitzt. Der Zeiger wird dann aber auf 1500 kHz stehen, da dieser ja nicht die Oszillator- sondern die dazugehörige Senderfrequenz angibt. Die zweite Einstellung wird sich ergeben, wenn die Oszillatorfrequenz 1500 — 468 = 1032 kHz beträgt. Der Zeiger wird in diesem Falle auf 1032 — 468 = 564 kHz stehen, da ja normalerweise dieser Sender von 564 kHz mit einer Oszillatorfrequenz von 1032 kHz empfangen wird. Das Gerät wird aber natürlich nur dann den Sender bei den Zeigerstellungen 564 und 1032 kHz bringen, wenn sowohl die Zwischenfrequenzkapazität wie auch der Oszillatortrimmer richtig eingestellt sind. Dies ergibt sich aus folgender Ueberlegung:

Die Empfangsfrequenz sei f_e, die obere Oszillatorfrequenz f_o, die untere f_u und die Zwischenfrequenz f_z. Dann gelten folgende Gleichungen:

$$f_o = f_e + f_z \qquad 1)$$

$$f_u = f_e - f_z \qquad 2)$$

Die Zwischenfrequenz ergibt sich zu

$$f_z = \frac{1}{\sqrt{L \cdot K}} \qquad 3)$$

wenn L die Selbstinduktion der Zwischenfrequenztransformatoren und K die richtige Abstimmkapazität ist. Ferner ist

$$f_o = \frac{1}{\sqrt{L_1 (C_1 + T)}} \qquad 4)$$

$$f_u = \frac{1}{\sqrt{L_1 (C_2 + T)}} \qquad 5)$$

wobei L_1 die Selbstinduktion der Oszillatorspule, C_1 und C_2 die beiden eingestellten Kapazitäten des Drehkondensators und T die richtige Trimmerkapazität sind. Setzt man die Werte der Gleichungen 3) bis 5) in die Gleichungen 1) und 2) ein, so wird

$$\frac{1}{\sqrt{L_1 (C_1 + T)}} = f_e + \frac{1}{\sqrt{L K}} \qquad 6)$$

$$\frac{1}{\sqrt{L_1 (C_2 + T)}} = f_e - \frac{1}{\sqrt{L K}} \qquad 7)$$

Die beiden eingestellten Kapazitäten C_1 und C_2 entsprechen je einer bestimmten Zeigerstellung, nämlich 1500 und 564 kHz, wie dies vorher gezeigt wurde. Die Gleichungen 6) und 7) enthalten die beiden Unbekannten T und K; man kann diese aus den zwei Gleichungen berechnen, d. h. zu den beiden Zeigerstellungen 564 und 1500 kHz gehören zwei ganz bestimmte Werte von T und K oder umgekehrt. Nur bei zwei ganz bebestimmten richtigen Werten von T und K ergeben sich die beiden Zeigerstellungen C_1 = 1500 und C_2 = 564 kHz.

Falls es ohne weitere Hilfsmittel gelingt, die Kondensatoren K und T so einzustellen, daß ein Sender mit der Trägerfrequenz von 1500 kHz bei den beiden Zeigerstellungen 564 und 1500 kHz erscheint, so muß damit der Abgleich am unteren Ende der Skala bei 1500 kHz richtig sein. Da somit auch die Zwischenfrequenz richtig abgeglichen ist, ist es dann ein Leichtes, einen Sender am anderen Ende des Bereichs durch Verstellung des Paddingkondensators oder des Massekerns der Spule richtig einzustellen, womit dann also auch der Oszillatorkreis abgeglichen wäre. Nun kann man die eingebauten Drehkondensatoren für die Hochfrequenzkreise wieder anschließen und in Betrieb nehmen, und auch diese nach einem Sender abgleichen.

Wie geht man nun praktisch vor?

Man stellt zunächst den Ersatzdrehkondensator auf einen kleinen Kapazitätswert ein und schließt die Antenne direkt an ihn an. Dann verstellt man genau wie in den alten Zeiten der Zweiknopfabstimmung beim Super diesen Drehkondensator und den Zeiger des Geräts durch Drehen am Abstimmknopf in der Nähe von 1500 kHz gleichzeitig solange, bis man den gewünschten Sender von 1500 kHz hört. Beide Kreise werden sorgfältig auf stärkste Wiedergabe abgestimmt: ist eine optische Anzeige in dem Gerät vorhanden, zeigt diese ja die richtige Einstellung deutlich an, ist dies nicht der Fall, ist aber automatische Lautstärkereglung vorhanden, empfiehlt es sich, diese kurzzuschließen, damit die richtige Scharfeinstellung deutlich durch größte Lautstärke angezeigt wird. Der Zeiger des Geräts wird nun, wenn der Abgleich nicht stimmt, nicht auf 1500 kHz stehen. Nunmehr wird der äußere Zusatz-

drehkondensator nicht mehr berührt, sondern dieser bleibt während des ganzen Abgleichs so stehen, daß der Eingangskreis ständig auf 1500 kHz abgestimmt bleibt. Dann verschiebt man durch Drehen am Abstimmknopf des Geräts den Zeiger etwas nach 1500 kHz hin, worauf der Empfang verschwinden wird. Durch Drehen am Oszillatortrimmer und an den Kapazitäten der Zwischenfrequenztransformatoren wird man ihn aber wieder hereinbekommen. Nun wird der Zeiger wieder etwas in der Richtung auf 1500 kHz zu verschoben, die beiden Trimmer wieder nachgestimmt und so fort, bis der Zeiger genau auf 1500 kHz bzw. dem Sender steht, dessen Frequenz 1500 kHz ist. Selbstverständlich werden bei dieser Einstellung weder der Trimmer noch die Zwischenfrequenzkapazitäten den richtigen Wert aufweisen. So kann z. B. die Zwischenfrequenz dadurch, daß die Kapazität zu groß ist, zu klein, z. B. statt 468 nur 440 kHz sein. Dann ist die wirkliche Oszillatorfrequenz im Augenblick 1500 + 440 = 1940 kHz. Wäre nun der Oszillatortrimmer nicht verstellt, so müßte der Zeiger auf 1940 — 468 = 1472 kHz stehen. Wäre dagegen dadurch, daß die Zwischenfrequenzkapazität zu klein ist, die Zwischenfrequenz zu groß, z. B. 495 kHz statt 468 kHz, so ist die wirkliche Oszillatorfrequenz 1500 + 495 = 1995 kHz, und der Zeiger müßte auf 1995—468 = 1527 kHz stehen. Bei zu großer Zwischenfrequenzkapazität wird also eine zu kleine Empfangsfrequenz angezeigt, und bei zu kleiner Zwischenfrequenzkapazität eine zu große, wenn — der Oszillatortrimmer nicht auch verstimmt wäre. Ist der Oszillatortrimmer zu groß eingestellt, so ist die Drehkondensatorkapazität dafür kleiner, d. h. der Zeiger zeigt eine zu große Frequenz, ist der Trimmer zu klein, so zeigt der Zeiger eine zu kleine Frequenz an. Man sieht, daß die Verschiebung durch die falsch eingestellten Zwischenfrequenzkapazitäten durch die falsche Trimmereinstellung beim Oszillator noch vergrößert werden, aber auch kompensiert werden kann, je nachdem, ob der Oszillatortrimmer zu groß oder zu klein eingestellt ist. Wir halten aber jedenfalls fest:

Durch eine zu große Zwischenfrequenzkapazität und eine zu kleine Oszillatortrimmerkapazität wird eine zu kleine Empfangsfrequenz angezeigt, bei zu kleiner Zwischenfrequenzkapazität und zu großer Oszillatortrimmerkapazität aber eine zu große.

Wenn also die Anzeige zu groß ist, so muß man die Zwischenfrequenzkapazität vergrößern und bzw. oder die Oszillatorkapazität verkleinern, ist die Anzeige zu klein, so muß man die Zwischenfrequenzkapazität verkleinern und bzw. oder den Oszillatortrimmer vergrößern, um die richtige Anzeige von 1500 kHz zu erhalten. Es gibt natürlich unendlich viele Einstellungen der Zwischenfrequenzkapazität und des Oszillatortrimmers, die zusammen den Zeiger auf 1500 kHz bringen, von denen aber nur eine einzige die richtige ist. Wir wählen zunächst eine beliebige aus.

Wäre dies zufällig die richtige, so müßten wir, wenn wir jetzt den Oszillator auf die Spiegelfrequenz von 1500 — 468 = 1032 kHz einstellten, was einer Anzeige von 1032 — 468 = 564 kHz entspricht, den Sender wieder erhalten. Dies wird aber natürlich nie zufällig der Fall sein. Wir wollen nun einmal annehmen, wir hätten die Zwischenfrequenzkapazität zu groß eingestellt, so daß die Zwischenfrequenz statt 468 nur 440 kHz beträgt. Dann schwang unser Oszillator auf 1940 kHz. Da aber der Zeiger auf 1500 kHz stand, so entspräche dies bei richtiger Trimmereinstellung einer richtigen Oszillatoreinstellung von 1968 kHz. Da er in Wirklichkeit aber nur 1940 kHz besitzt, so ist also die Drehkondensatorkapazität zu klein, d. h. der Trimmer zu groß.

Einer zu groß gewählten Zwischenfrequenzkapazität entspricht also auch ein zu großer Oszillatortrimmer, einer zu kleinen Zwischenfrequenzkapazität ein zu kleiner Oszillatortrimmer.

Nunmehr suchen wir die Spiegelfrequenz. Sie liegt bei 1500 — 440 = 1060 kHz statt bei 1500 — 468 = 1032 kHz. Die Anzeige für 1032 kHz müßte bei richtig eingestelltem Trimmer 1032 — 468 = 564 kHz sein. Für 1060 kHz müßte sie bei richtig eingestelltem Trimmer 1060 — 468 = 592 kHz sein. Nun war aber nach Voraussetzung der Oszillatortrimmer auch zu groß; der Drehkondensator also zu klein, d. h. der Zeiger wird eine noch größere Frequenz anzeigen.

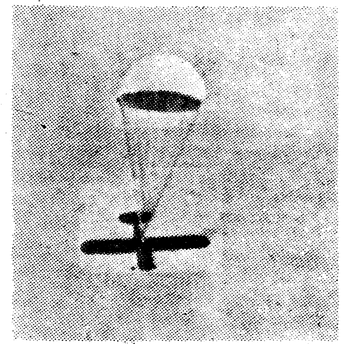
Wenn also die Zwischenfrequenzkapazitäten und der Oszillatortrimmer zu groß eingestellt waren, so wird eine zu große Spiegelfrequenz angezeigt.

War dagegen die Zwischenfrequenzkapazität auf einen zu kleinen Wert eingestellt, so ergab sich eine zu große Zwischenfrequenz, z. B. 495 statt 468 kHz. Man empfängt dann den Sender bei einer Oszillatorfrequenz von 1500 + 495 = 1995 kHz, was bei richtig eingestelltem Trimmer einer Anzeige von 1995 — 468 = 1527 kHz entsprechen würde. Angezeigt werden aber nur 1500 kHz, d. h. zu wenig, der Drehkondensator ist also zu weit eingedreht, d. h. der Trimmer ist ebenfalls zu klein. Wird nun die Spiegelfrequenz gesucht, so finden wir sie bei 1500 — 495 = 1005 kHz, was bei richtig eingestelltem Oszillatortrimmer einer Anzeige von 1005 — 468 = 537 kHz entsprechen würde. Da aber nach unserer Voraussetzung der Trimmer zu klein ist, ist der Drehkondensator entsprechend mehr hineingedreht, d. h. es wird eine noch kleinere Frequenz als 537 kHz angezeigt.

Wenn also die Zwischenfrequenzkapazitäten und der Oszillatortrimmer zu klein sind, so wird eine zu kleine Spiegelfrequenz angezeigt.

Nunmehr ist das Vorgehen ganz klar und einfach. Man stellt einen Sender von 1500 kHz ein, indem man den Zeiger des Geräts in die Gegend von 1500 kHz stellt und die Kapazitäten so einreguliert, daß der Sender hörbar ist. Dann verschiebt man den Zeiger etwas gegen 1500 kHz hin. Zeigte er eine zu große Frequenz an, so ist die Zwischenfrequenzkapazität zu vergrößern und der Oszillatortrimmer zu verkleinern und umgekehrt. Dies setzt man fort, bis der Zeiger genau auf 1500 kHz steht. Dann sucht man die Spiegeleinstellung. Ist diese bei einer zu großen angezeigten Frequenz, so sind die Zwischenfrequenzkapazitäten und die Oszillatortrimmerkapazität noch zu groß und umgekehrt. Dies Verfahren wird solange wiederholt, bis die Spiegelablesung genau bei der Einstellung $f_e - 2 f_z$ erfolgt, womit Zwischenfrequenzkapazitäten und Oszillatortrimmerkapazität stimmen und nicht mehr berührt werden dürfen. Sollte hierbei die Spiegelfrequenz überhaupt nicht zu finden sein, so ist dies ein Zeichen dafür, daß sie außerhalb des Bereichs der Skala liegt, d. h. zu klein ist. Dann sind die Zwischenfrequenzkapazitäten und die Oszillatortrimmerkapazität auch zu vergrößern, bis die Spiegelablesung auch in den Skalenbereich fällt. Dann wird mit dem Paddingkondensator oder dem Massekern ein Sender am unteren Ende des Frequenzbereichs eingestellt, indem natürlich der Zusatzdrehkondensator auf einen großen Wert eingestellt wird. Nunmehr kann der eingebaute Drehkondensator des Hochfrequenzkreises wieder angeschlossen und nach einem oder mehreren Sendern abgeglichen werden, womit der ganze Abgleich beendet ist.

Landungen von Flugzeugen mittels Fallschirmen

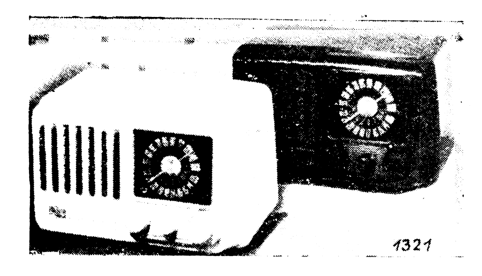


Im Staate New York wurden erstmalig Landungen von Flugzeugen mittels Fallschirmen durchgeführt. Es besteht also in Zukunft die Möglichkeit, falls ein Flugzeug aus irgend welchen Gründen in Luftnot gelangt, daß man dieses mittels des mitgeführten Fallschirmes sicher zur Erde bringt.

Amerikanische Rundfunkempfänger

Die nordamerikanische Radiofirma AIR KING brachte in letzter Zeit einige Kleinsuper auf den Markt, die an Leistungsfähigkeit und Kleinheit alles bisher bekannte übertreffen.

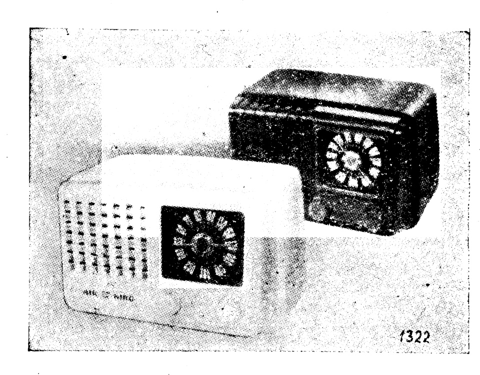
Ein typischer Vertreter dieser mit großer Exaktheit aufgebauten Geräte ist der 4-Röhren-Super A-400, ein Allstromgerät für Mittelwellenempfang, das mit den Ausmaßen 175 × 132 × 115 mm ein Gewicht von nur zirka 1½ kg aufweist. In der Mischstufe arbeitet in Verbindung mit einem hochwertigen Spulensatz und einem Miniatur-Drehkondensator die geregelte 12 SA 7, die die Zwischenfrequenz ohne jede Siebung an das erste Bandfilter abgibt. Der Drehkondensator bestreicht einen Bereich von 190—555 Metern und ist verlustarm aufgebaut. Eine gut durchkonstruierte Reflexschaltung läßt die Röhre 12 SQ 7 (Duodiode-Triode) als Zwischen- (!) und Niederfrequenzverstärker arbeiten und gibt dem kleinen Gerät mit einem Mindestmaß an Verzerrung die Leistung eines Vollsupers. Die Endstufe wird von der Leistungsröhre 50 L 6 gespeist und gibt über einen winzigen Ausgangstransformator ihre Leistung an den permanent-dynamischen Lautsprecher (10 cm Durchmesser) ab.



1321

Dieser Lautsprecher ist mit einem Alnico-Magnet ausgestattet und erreicht daher eine beachtliche Lautstärke. Im Netzteil fungiert die 35 Z 5 als Gleichrichter, während die Siebung von Elektrolyt-Kondensatoren winziger Ausmaße besorgt wird. Die Abstimmung erfolgt mittels eines direkt auf der Drehkondensatorachse sitzenden größeren Abstimmknopfes, dessen Zeiger die in Kilohertz geeichte Skala bestreicht. Dadurch wurde der immerhin bedeutende Platzaufwand für einen Skalentrieb vermieden. Die Lautstärkeregelung ist gehörrichtig und mit dem Netzschalter kombiniert. Eine Tonblende ist nicht vorgesehen. Der Schwundausgleich wirkt auf beide ersten Röhren und demzufolge auf Misch-, Zwischenfrequenz- und Niederfrequenzstufe. Das Gerät ist — die meisten amerikanischen Kleinsuper — für eine Spannung von 105—125 Volt gebaut und kann nach Einfügen eines Widerstandskabels die Netzzuleitung an 220-Volt-Netzen Verwendung finden. Diese Vorwiderstandsschnüre liegen folglich vor dem ganzen Gerät (nicht nur vor dem Heizkreis), so daß die Anodenspannung auch an 220 Volt nur etwa 100 Volt beträgt, bei welcher Spannung allerdings die verwendeten Röhren bereits einwandfrei arbeiten. Ein solides Preßstoffgehäuse (elfenbein- oder mahagonifarben) gibt diesem Kleinsuper ein gefälliges Aussehen.

Ein Vertreter der Groß-Kleinsuperklasse ist das Modell A-501 derselben Firma, das auf allen drei Bereichen eine geregelte rauscharme Vorröhre 12 SK 7 vor der Mischröhre 12 SA 7 besitzt und dank seiner 7 Kreise eine ausgezeichnete Selektivität aufweist. Die Schwundregelung wirkt hier auf Vorstufe, Mischröhre, ZF- und Niederfrequenzverstärkung und ist ganz außerordentlich wirkungsvoll. Netzteil und Endstufe sind ähnlich dem vorherigen Gerät aufgebaut, auch beim Modell A-501 besorgt die akustische Rückverwandlung ein 10-cm-Lautsprecher mit Alnico-Magnet. Das Gerät besitzt aber drei Wellenbereiche, und zwar zwei für Kurzwellen (13—22 und 20—50 m) und einen für Mittelwellen. Eine in Kilohertz geeichte zweifarbige beleuchtete Skala gewährt in Verbindung m. einem höchst exakten Feintrieb mühelose Einstellung selbst auf kürzesten Wellen. Der Wellenschalter ist mit selbstreinigenden Edelmetallkontakten ausgestattet und verbürgt unbedingte Betriebssicherheit. Auch dieses Gerät ist in Preßstoffgehäusen elfenbein- und mahagonifarben erhältlich und mittels Adapterschnur auf 220 Volt umzuschalten. Eine eingebaute Rahmenantenne gestattet Fernempfang ohne weiteren Zusatz, doch ist ein Anschluß auch für Außenantenne vorgesehen. Die Ausmaße des Empfängers sind 230 × 150 × 135 mm, das Gewicht zirka 2½ kg. Höchsten Ansprüchen in bezug auf Empfindlichkeit und Klanggüte wird der von der gleichen Firma herausgebrachte Kleinsuper A-705 gerecht. Eine zweifache Vorstufe, mit den Röhren 12 SK 7 bestückt, sorgt für die nötige Empfindlichkeit, während umfangreiche Entzerrungs-Maßnahmen in Verbindung mit einem Spezial-Lautsprecher hervorragende Klanggüte verbürgen.



1322

Das Gerät ist **nur für den Empfang von Mittelwellen** gebaut und ist im übrigen dem Modell A-501 sehr ähnlich. Es ist erstaunlich, daß die Konstrukteure der Firma AIR KING sogar einen Kleinsuper mit zwei HF-Vorstufen ausrüsten, während in Europa derart leistungsfähige Schaltungen nicht einmal für Luxus-Super angewandt werden. Dementsprechend ist auch die Fernempfangsleistung europäischer Geräte mit der dieses Modelles auch nicht entfernt vergleichbar.

(Heimo Hardung-Hardung.)

SM-Vollsichtskala

Die Firma Matthias Skarits, die schon seit längerer Zeit eine ansprechende Propellerskala herausbringt, hat nunmehr auch die Erzeugung einer Vollsichtskala begonnen, deren erste Stücke bereits auf der Herbstmesse zu sehen sind. Die Glasscheibe im Ausmaß von 130 × 60 mm ist etwas schräg nach hinten geneigt und trägt drei Skalen. Eine weiße in der Mitte (Normalwellen), darüber eine grüne (Kurzwellen) und darunter eine rote (Langwellen). Ferner ist noch eine lineare Teilung von 1 bis 100 und für Normalwellen auch noch die Angabe der Wellenlänge in Metern vorgesehen. Der hinter der Scheibe befindliche Zeiger wird durch Schnurbetrieb bewegt. Der Bedienungsknopf liegt in der Mitte unterhalb der Skalenfläche, die Drehbewegung wird auf den Abstimmkondensator ebenfalls mittelst des Schnurbetriebes übertragen, das Uebersetzungsverhältnis beträgt etwa 1:10.

—

Tonfilmapparaturen werden wieder hergestellt

Die Firma Eugen Bauer G. m. b. H. bei Stuttgart ist derzeit die einzige Firma in Deutschland, die Kino-Apparaturen herstellt, da für diesen Fabrikationszweig die AEG gänzlich ausfallen und die Zeiß-Ikon die Herstellung noch nicht aufgenommen hat.

NADELTON

Geschichte und Entwicklung der Schallplattentechnik

Das Grammophon ist ein Volksgerät geworden. Die Schallplatte ist heute nicht mehr aus dem täglichen Leben wegzudenken. Zuerst hatte die mechanisch angetriebene und mechanisch abgespielte Schallplatte durch ihre klassische Einfachheit die ganze Welt erobert. Seit Einführung des Rundfunks wurde sie als Ergänzung zum Radio-Empfänger ständig verbessert. Sie wurde elektrisch angetrieben u. elektrisch abgespielt. Ein Schritt weiter und aus dem Schallplatten-Abspielgerät wurde für manchen Radio-Amateur eine Schallplatten-Folien-Aufnahme-Apparatur.

So wie es zu einem Lichtbildner-Sport und Film-Sport gekommen ist, öffnen sich jetzt die Tore zum Schallaufnahme-Sport. Kaum besteht Aussicht darauf, taucht die Konkurrenz des Magnetophons auf. Wer von beiden wird den Sieg davontragen? Im Rundfunk bestehen beide Systeme nebeneinander. Der Rundfunk beschränkt sich aber nur auf die Wiedergabe von Industrieplatten und macht dafür immer mehr von der bequemeren und gegenüber Schallplatten-Folien-Aufnahmen an Qualität weitaus besseren Magnetophon-Aufnahme Gebrauch. Die Schallplatte hat aber als Volksgerät infolge ihrer besonderen Einfachheit heute noch die Vorhand.

Das Grammophon bestand in seinen Anfängen, wer kennt nicht den Edison-Phonograph, im wesentlichen aus einer gleichförmig um ihre Achse gedrehten Wachswalze. Sie trug die Tonspur in einer mit dieser gleichzeitig geschnittenen Rille. Durch einen drehmesserähnlichen Stichel wurde diese Rille bei Entstehung eines Spanes aus der Wachswalze schraubenförmig mit geringster Steigung herausgeschnitten. Durch eine kleine, elastisch stark gespannte Membrane geführt, erhielt dieser über einen Schalltrichter die aus den Luftschwingungen des gesprochenen Wortes transformierten Druckschwankungen als mechanische Schwingungen in seiner Längsachse aufgedrückt und zeichnete sie als Tiefenschrift in die entstehende Rille. Dieselbe Einrichtung, jedoch mit einem abgerundeten Stift, der heutigen Wiedergabe-Nadel entsprechend, ausgerüstet, diente zum Abtasten der aufgezeichneten Schrift. Die Bewegungen des Stiftes wurden auf die Membrane übertragen und erzeugten Luftdruckschwankungen, welche über den Schalltrichter die Luft zum Schwingen anregten. Es handelte sich um eine vollkommen mechanische Einrichtung.

Schallschwingungen, also mechanische Luftschwingungen, wurden in mechanische Bewegungen einer Membrane und den damit verbundenen Stichel umgesetzt und auf einem mechanisch fortbewegten Tonträger aus Wachs aufgezeichnet u. ebenso, jedoch in verkehrter Reihenfolge, zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt in Schallschwingungen umgewandelt. Der möglichst gleichförmige Antrieb der Wachswalze erfolgte von Hand aus.

Die Zeit hat das mechanische Grammophon weiterentwickelt. Zuerst wurde der Antrieb der Wachswalze durch die Schaffung eines Federwerkes mit Fliehkraft-Drehzahlregler verbessert. Aus der Wachswalze gestaltete sich die raumsparende und robuste Schwarzplatte. Damit entstand immer mehr Interesse an dem Gerät. Wohl ging durch die Einführung der Schwarzplatte die Möglichkeit der einfachen Schallaufnahme verloren und es entstand das Schallplatten-Wiedergabegerät mit dem doppelten Federwerk. Die Tiefenschrift wurde von der Seitenschrift abgelöst. Die Nadel wurde auswechselbar und vornehme Geräte hatten den Schalltrichter getarnt im Grammophonschrank untergebracht. Die Spielzeit wurde durch Vergrößerung des Platten-Durchmessers ausgedehnt. Mit dem Aufkommen der Verstärkerröhre und dem Entstehen der Kraftverstärker und Lautsprecher verbesserte sich das Aufnahmeverfahren zusehends durch die sogenannten elektr. Verfahren. Auch die Herstellungsverfahren der Schwarzplatten wurden ständig verbessert, um das anfangs sehr lästige Nadelgeräusch zu vermindern. Die Wachskuchen mit den aufgezeichneten Aufnahmen wurden früher durch Graphitieren leitend gemacht und verkupfert. Diese Matritzen wurden als Negative mit Hartgummi in einem Preßvorgang abgeformt und so vervielfältigt. An Stelle des Graphitierens trat schließlich das Kathodenzerstäubungs-Verfahren. Inzwischen wurde das Leitendmachen der „geschnittenen" Wachskuchen-Oberflächen wieder wesentlich verbessert und neue, mechanisch besonders widerstandsfähige u. feinkörnige Preßmassen entwickelt. Der Antriebsmechanismus der Aufnahmegeräte mußte auf möglichst große Gleichförmigkeit gebracht werden. Als es die Konstanz der Wechselstromnetze zuließ, führte man den Asynchron- und Synchron-Motor ein. Damit war kein weiter Sprung mehr zum elektrischen Antrieb des Heim-Grammophons. Es entstanden die Universal-Schallplatten-Motore mit Fliehkraftregler. Inzwischen war der Rundfunk in den meisten Staaten eingeführt. Die reichliche elektrische Verstärkungsmöglichkeit der Empfänger gestattete die Einführung der bis dahin schon von den Schallplatten-Erzeugerfirmen für die Ueberwachung der Aufnahmen und für Lautsprecheranlagen mit Erfolg verwendeten elektrischen Tonabnehmer. Die Entwicklung des Rundfunks und insbesonders die Uebertragung aktueller Ereignisse forderte immer mehr eine Einrichtung zur Festhaltung zeitlich ungünstig fallender Sendungen. Das tönende Papier und der Tonfilm wurden versucht, konnten sich aber nicht behaupten. Die verhältnismäßig lange und umständliche Prozedur des photographischen Entwicklungsvorganges war das Hindernis. Man griff auf die Wachsplatte, die man einige Male abspielen konnte, und war lange Zeit damit zufrieden, bis die Gelatine-Platte und in ihrem Gefolge die Lackfolien-Platte auf verschiedenen Trägern aus Aluminiumblech, Glas, Pappe und diversen Kunststoffen aufkam. Damit entstand eine eigene, für Schallplatten-Folien entwickelte Aufnahme-Apparatur. Da das Gerät wesentlich robusteres Schallplattenmaterial bespielte, war es in der Bedienung unempfindlicher und damit einfacher. Es konnte daher auch transportabel in Kofferform gebaut werden und eignete sich auch für Reportagen außerhalb des Funkhauses.

Haben wir den Werdegang des Nadelton-Verfahrens nun von außen und oberflächlich verfolgt, so wird uns sein physikalisch-technischer Aufbau erst alle Schönheiten dieser in Jahrzehnten zähe hochentwickelten Erfindung empfinden lassen.

Wie schon eingangs erwähnt, unterscheiden wir Tiefenschrift und Seitenschrift. Bei der Tiefenschrift wird der Schneidestichel in seiner Längsachse, den Sprechströmen entsprechend, senkrecht gegen den Tonträger, z. B. gegen den Wachskuchen, in Schwingung gesetzt. Diese Schwingungen werden um eine festgesetzte Ruhelage ausgeführt. Die Amplitude dieser Schwingungen wird auch Auslenkung genannt. Für die Seitenschrift erfolgt die Auslenkung in der Tonträger-Ebene quer zur Rille. In Abbildung 1 sind die Bewegungen der Stichel und die sich ergeben-

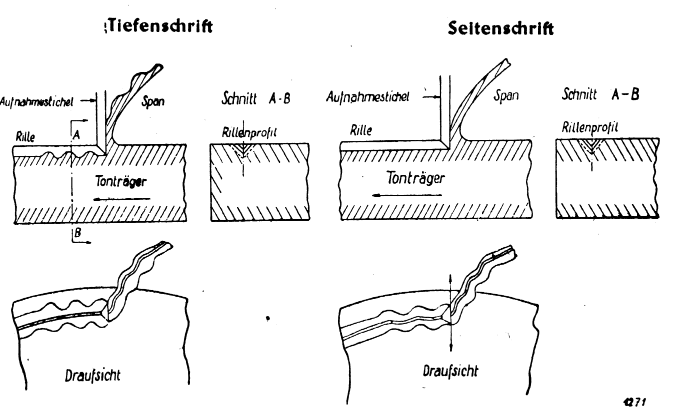


Bild 1: Stichelauslenkung, Schnittvorgang und Rillenbild bei Tiefen- und Seitenschrift

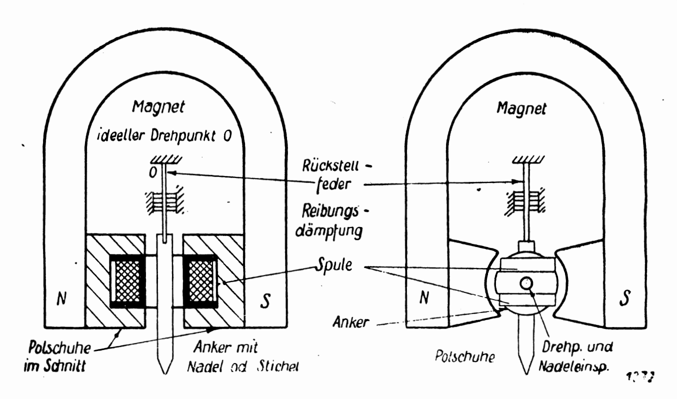
den verschiedenen Rillenbilder dargestellt. Hier sehen wir auch das Rillenprofil. Es dient lediglich zur Führung der Wiedergabe-Nadel. Seine Tiefe muß nur so groß sein, daß der Tonabnehmer sicher in der Rille bleibt und ist vom Material des Tonträgers, seiner mechanischen Flankenfestigkeit, dem Gewicht und der nötigen Auslenkkraft des Tonabnehmers abhängig. Man ist daher bestrebt, bei großer Masse des Tonabnehmers möglichst kleine Auflagedrücke durch Auswiegen mit Gegengewichten zu erreichen und die Auslenkkräfte durch kleinste schwingende Massen des elektrischen Tonabnehmer-Systems niedrig zu halten. Damit sind die Grenzen der Rillentiefe und mit ihr auch der Rillenbreite gegeben. Der Winkel des Schneidestichels, der die Rillenbreite und damit die Rillentiefe festlegt, kann nicht viel kleiner als 90° gewählt werden. Er beträgt aus herstellungstechnischen Gründen für Saphirstichel 85°. Der vom Tonträger-Material abhängige Hinterschliff-Winkel ist z. B. für Wachs 35°. Für Lackfolien werden auch Stahlstichel gerne verwendet, sie müssen aber ebenso wie die Stahl-Wiedergabenadeln nach jeder Platte ausgewechselt werden. Durch Nachpolieren kann ihre verlorene Schärfe wieder zurückgewonnen werden. Der aus dem Tonträger geschnittene Span wird entweder abgesaugt oder in der Mitte der Platte aufgehaspelt. Er darf keineswegs wiederholt abreißen und am Stichel hängen bleiben oder gar diesen am Arbeiten hindern. Gut schneidefähiges Tonträgermaterial ergibt einen ununterbrochen ablaufenden Span, der auf der Platte liegen bleibt. Es ist nur zu sorgen, daß der Anfang des Spanes nicht durch die Fliehkraft abgeschleudert wird.

Heute wird in Europa nur die Seitenschrift angewendet. Nur beim Philipps-Miller-Verfahren, das aber eine lichtelektrische Wiedergabe anwendet, wird die Tiefenschrift mit Vorteil benützt.

Der elektr. Antrieb des Schneidstichels erfolgt mittels elektromechanischer Schwingsysteme. Ein Weicheisenanker zwischen den Polen eines starken permanenten Magneten angeordnet, wird durch eine von den Sprechströmen durchflossene Spule magnetisiert. Um einen schwingungsfähigen Drehpunkt vollführt der beschriebene Anker den Sprechströmen entsprechende Schwingungen.

Durch starke Richtkräfte wird der Anker immer wieder in die Ruhelage zurückgebracht. Die Richtkräfte werden von Feder-Elementen erzeugt. Die mechanische Resonanz des Systems, durch die Masse aus Anker plus Schneidstichel und der Elastizität der Federelemente bestimmt, wird an das obere Ende des zu übertragenden Frequenzbandes gelegt. Zur Dämpfung der Resonanzspitze ist zumeist der Anker mit einer leichten, mit Löchern versehenen Zunge ausgestattet, die in ein Oelbad reicht. Einfache, billige Systeme verzichten auf eine definierte Dämpfung und besitzen dafür eine Lagerung des Ankers in

Bild 2: Prinzip des elektromagnetischen u. des elektrodynamischen Systems



Gummi. Die Lagerung des Ankers hat wesentlichen Einfluß auf die formgetreue Umwandlung der elektrischen Kurvenform in die mechanisch aufgezeichnete Form. Besonders bei großen Auslenkungen kommen schon erhebliche und bei kritischer Betrachtung hörbare nichtlineare Verzerrungen zustande. Daher ist für höhere Ansprüche auf eine gute, eindeutige Ankerlagerung zu achten. Wird der Luftspalt zwischen den Magnetpolschuhen und dem Anker im Interesse einer möglichst hohen Empfindlichkeit klein gewählt, so besteht die Gefahr, daß außer der Möglichkeit, daß der Anker durch den magnetischen Gleichfluß bei kleinen Spaltungssymmetrien gesättigt wird, sich der Gleichfluß auch noch bei größeren Auslenkungen wesentlich ändert und zu einer weiteren unzulässig hohen Verzerrung der Aufzeichnung Anlaß gibt. Ein guter Wachsschreiber benötigt zirka 0.5 Watt zu einer Auslenkung von 0,065 mm, wobei der Klirrfaktor noch unter 3% bleibt. Die mechanische Resonanz liegt zirka bei 5000 Hz. Folienschreiber erreichen diese Werte nicht, doch gelingt es, durch Herabsetzung des Wirkungsgrades und Verlegen der Resonanz auf 4000 Hz, den Klirrfaktor noch unter 4% zu halten.

Wird an einen solchen Schreiber eine konstante Niederfrequenz-Spannung gelegt, so ist die Auslenkung verkehrt-proportional der Frequenz, d. h. wir erhalten eine Aufzeichnung mit konstanter Geschwindigkeits-Amplitude, auch Schnelle genannt. Diese berechnet sich aus der Kreisfrequenz mal der Auslenkung. Bei einer Auslenkung von z. B. 0,0325 mm an der Stichelspitze und einer Frequenz von 500 Hz beträgt die Schnelle 10,25 cm/s. Da sie auch bei 5000 Hz gleich groß ist, muß die Amplitude mit der Frequenz proportional abnehmend auf den zehnten Teil sinken, wird also nur mehr 0,00325 mm betragen. Oberhalb der mechanischen Resonanz arbeitet das System massegehemmt und es sollte daher die Schnelle nahezu mit dem Quadrat abfallen. Infolge der mechanischen Dämpfung des Systems erfolgt dieser Abfall nicht so steil, so daß noch eine Aufzeichnung bis 6000 Hz praktisch erfolgt. Bei Schreibern mit niedriger mechanischer Resonanz tritt dieser Abfall entsprechend früher auf.

Der Schreiber stellt also im zu übertragenden Frequenzbereich ein federgehemmtes System dar, das infolge seines elektrisch vorwiegend induktiven Widerstandes einen der Frequenz verkehrtproportionalen Verlauf der Auslenkung besitzt, so daß eine Aufzeichnung mit konstanter Schnelle am Tonträger erfolgt. Daher ist besonders auf seine Anpassung an den Verstärker zu achten. Doch darüber später.

Werden mit konstanter Schnelle aufgezeichnete Frequenzen mit einem nach dem Induktionsprinzip arbeitendem System abgetastet, so ergibt sich im ganzen Bereich eine konstante Wiedergabespannung, die man ja erreichen will. Die Wiedergabenadel wird zwangsweise von der Tonrille geführt. Es ist daher nur, wie eingangs schon gesagt, darauf zu achten, daß die Auslenkkräfte zur Schonung der Rillenflanken ein Minimum werden. Praktische Werte sind 15 g für 0,065 mm Auslankung und zirka 70 g Auflagedruck der Nadelspitze im Rillengrund. Um diese Werte zu erreichen, muß erstens auf geringste Schwingmasse geachtet werden. Die mechanische Resonanz muß nur so hoch liegen, daß eine genügende Stabilität des Systems erreicht wird. Legt man die mechanische Resonanz über 2000 Hz, so genügt dies schon. Um die Nadelmasse klein zu halten, ist es zweckmäßig, eingekittete Dauersaphire zu verwenden. Zweitens wird der Auflagedruck am Rillengrund durch Feder- oder Gegengewicht am Tonarm ausgewogen. Als elektrische Tonabnehmersysteme werden gleich erfolgreich elektromagnetische u. elektrodynamische verwendet. Die Masse des Tonarms wird so groß als möglich gewählt, um die Schüttelresonanz recht tief zu halten. Sie ergibt sich aus der Masse des Tonabnehmers und der Nadelrückstellkraft cm nach der Thomson-Formel. Die Schwenkbarkeit der Tonarme ist für die Beanspruchung der Rillenflanken von Bedeutung. Sie hat auch einen Einfluß auf die Verzerrungen beim Abspielen. Wie beim Tonschreiber wirkt sich die Unsymmetrie der Luftspalte auf den Klirrfaktor aus. Es wird von guten Tonarmen eine Klirrfreiheit bis unter 2% angegeben. Außer den magnetischen Tonarmen werden auch solche mit piezoelektrischen Kristallen verwendet. Als Kristalle, welche zumeist paarweise zusammengekittet werden, eignen sich besonders solche aus Seignette und Rochellesalz.

In Abbildung 2 ist das Prinzip des elektromagnetischen u. elektrodyna-

mischen Systems festgehalten. Die vom elektromagnetischen Tonabnehmer gelieferte Spannung ist um eine Größenordnung höher als die vom elektrodynamischen u. beträgt zirka 0,2 Volt. Die magnetischen Spalt-Induktionen betragen 5000 bis 7000 Gauß. Wird für den Tonschreiber die Impedanz zumeist bei 250 oder 800 Hz angegeben, so gibt man sie für Tonabnehmer für die tiefste noch für die Uebertragung in Betracht kommende Frequenz an. Für Schreiber bisher übliche Werte waren 15, 70 und 300 Ohm bei 250 Hz bzw. für Tonabnehmer 200 bis 1500 Ohm bei 30 Hz. Für den Anschluß an Radio-Empfängern werden stets hochohmige Tonabnehmer verwendet, deren Impedanz immer kleiner als der Eingangswiderstand des Gerätes ist. Da zumeist der ohmsche Widerstand des Tonabnehmers überwiegt, kann man diesen im Notfall bei der Wahl der Anpassung zu Rate ziehen. Niederohmige dynamische Tonabnehmer benötigen stets einen Transformator.

Nun zum Tonträger selbst. Vom Standpunkt der Aufzeichnung ist noch immer Wachs als das ideale Material zu bezeichnen. Es kommt aber infolge seiner geringen Härte nicht für eine häufig wiederholte Wiedergabe in Frage.

Außerdem müssen Wachskuchen aus Festigkeitsgründen mindestens eine Stärke von 20 mm besitzen. Da sie jedoch leicht abgeschliffen werden können, werden sie in der Schallplatten-Industrie in ca. 30 mm Stärke verwendet. Nicht mehr benötigte Aufnahmen werden einfach abgeschliffen und der Kuchen ist für eine neue Aufnahme bereit. Die Kuchen werden in einem Gang mit einem Stahlmesser geschruppt und einem Saphier poliert. Der Vorschub erfolgt automatisch und wird mit einer Oeldruckbremse gesteuert. Der Transport d. Messer geschieht durch ein Gewicht. Die Messer können mit Hilfe eines Supports wie bei einer Drehbank genau eingestellt werden. Der Kuchen wird mit Saugluft auf einem mit zirka 400 Umdrehungen pro Minute rotierenden Teller fest und absolut plan gehalten. Die Späne saugt ein Staubsauger, der gleichzeitig die Saugluft zum Halten des Kuchens liefert, während des Entstehens ab. Wachs als Tonträger kommt heute nur mehr für die Schallplatten-Industrie in Frage. Denkt man an keine Vervielfältigung als Schwarzplatte und will man die Aufnahmen sofort und wiederholt abspielen können, so kommen nur die sogenannten Schallplatten-Folien in Betracht. Am besten haben sich die Lackfolien, insbesondere mit Glas als Träger, bewährt. Größter Wert ist auf besondere Gleichmäßigkeit von Härte und Lackdicke, sowie unbedingte Staubfreiheit bei der Her-Herstellung zu legen. Nebenbei ist auch auf gute Lagerfähigkeit, brauchbare Temperatur- und Feuchtigkeitsunempfindlichkeit zu sehen. Eine Wiederbenützbarkeit des Tonträgers wäre außerdem erwünscht, wird aber kaum oder nur durch Verbrauch des Materials wie beim Wachskuchen möglich sein.

Welche Spieldauer erlaubt nun so eine Platte? Halten wir uns an die bisher gebräuchlichen Normen der Schallplatten-Industrie, so ist das leicht beantwortet, doch läßt sich diese je nach den gestellten Bedingungen auf Frequenzumfang, Dynamik, Aufwand an technischer Einrichtung und schließlich durchschnittliche Tonrillengeschwindigkeit noch variieren. Die normale Schallplatte mit 30 cm Durchmesser und 78 Umdrehungen pro Minute Abspielgeschwindigkeit hat maximal 5 Minuten Spielzeit. Der Durchmesser der innersten Rille beträgt 10 cm, der der äußeren 29,5 cm. Damit ergibt sich eine Tonrillengeschwindigkeit von 41 bis 120 cm/s. Die durchschnittliche Rillengeschwindigkeit (Tonträger-Geschwindigkeit) ist demnach zirka 80 cm/s. Die Spurlänge beträgt ungefähr 240 m und der Rillenabstand 40 Rillen pro cm, das sind 0,25 mm von Rillenmitte zu Rillenmitte. Die Rille wird zirka 0,12 mm breit geschnitten, so daß ein Steg von 0,13 mm zwischen den Rillen bleibt. Damit ist die maximale Auslenkung der Spitze des Schreiberstichels mit 0,065 mm gegeben, wenn man ein Ueberschneiden bei gleichausgesteuerter Nachbarrille sicher ausschalten will. Da man mit konstanter Schnelle aufzeichnet, müßte man die untere Grenzfrequenz mit der maximalen Auslenkung aufschreiben und würde damit für die höheren Frequenzen die Rille nur mit einer der Frequenz verkehrt-proportionalen, dabei aber sehr kleinen Amplitude aussteuern, also wenig ausnützen. Man hat daher die Frequenz von 250 Hz für die maximale Auslenkung bestimmt. Um aber eine Uebersteuerung der tieferen Frequenzen zu vermeiden, muß man diese mit konstanter Amplitude aufzeichnen. Nimmt man als untere Frequenz 50 Hz an, so ergibt sich damit eine Einbuße der Schnelle bei dieser auf ein Fünftel des maximalen Wertes. Für 250 Hz errechnet sich eine solche mit 10,25 cm pro Sekunde bei der Auslenkung von 0,065 mm, für 50 Hz also nur 2,05 cm/s. Aus Abbildung 3 ist der sich damit ergebende Verlauf der Schnelle zu ersehen. Der Abfall nach der Resonanz rührt vom Schreiber her und ist eingangs bei der Besprechung der Schreiber-Eigenschaften schon erwähnt worden. Da wir die Charakteristik des Tonabnehmers kennen, wissen wir, daß die Wiedergabespannung einer bespielten Platte proportional der Frequenz bis 250 Hz verlaufen muß, um dann konstant bis zum Schreiberabfall zu

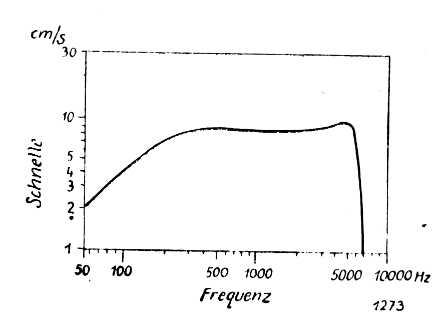


Bild 3: Aufgezeichnete Schnelle

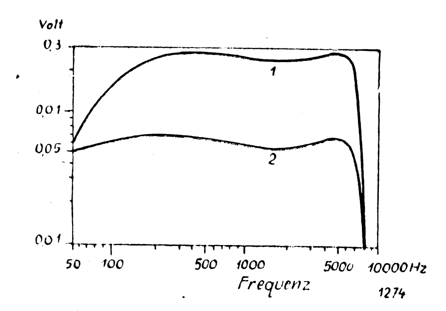


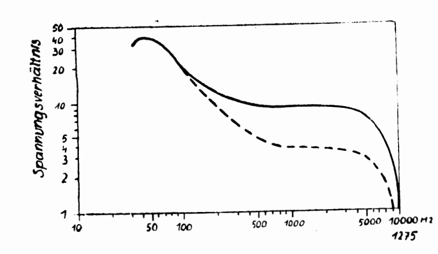
Bild 4: Spannung am Tonabnehmer
Kurve 1 vor Entzerrung, Kurve 2 nach Entzerrung

bleiben. Sieht man so eine Platte im Sonnenlicht an, so fällt einem auf, daß sich ein symmetrisches Spiegelbild ergibt, das genau dem Verlauf der Wiedergabespannung des Tonabnehmers entspricht. Es ist der Verlauf der Schnelle der Aufzeichnung.

Diese Erscheinung benützt man zur Berechnung der Schnelle der aufgezeichneten Schwingungen bei den verschiedenen Frequenzen. Mit Hilfe eines Fernrohres wird die jeweilige Breite der Leuchtkurve, das sogenannte Lichtband, gemessen. Vorausgesetzt ist Sonnenlicht oder künstlich erzeugte parallele Lichtstrahlen. Die in cm abgemessene Lichtbandbreite mit π (der Ludolfschen Zahl) und der sekundlichen Plattenumdrehungszahl multipliziert, ergibt die Schnelle, welche dividiert durch die jeweilige Kreisfrequenz auch die Auslenkung (in cm) der Rille ermitteln läßt. Für mit 78 Umdrehungen in der Minute aufgenommene Platten mißt man für eine Schnelle von 10 cm/s eine Lichtbandbreite von 24 mm.

Der Abfall der tiefen Frequenzen muß aber im Interesse einer möglichst naturgetreuen Wiedergabe kompensiert werden. Dies geschieht am besten durch eine elektrische Entzerrung nach dem Tonabnehmer. In Abbildung 4 ist der Frequenzverlauf vor u. nach der Entzerrung der Wiedergabespannung dargestellt. Dem Entzerrer fügt man zweckmäßig noch ein Filter zur Bekämpfung des Nadelgeräusch-Anteils oberhalb der Schreiberresonanz ein. In Abb. 5 ist der Dämpfungsverlauf eines solchen Filters und die Schaltung für 200 Ohm Ein- und Ausgangsspannung zu sehen. Es handelt sich hier um ein von der Firma Neumann, Berlin, handelsmäßig erzeugtes Gerät, das auch noch durch Betätigung des 3000-Ohm-Widerstandes d. Möglichkeit zur Veränderung der Anhebung der tiefen Frequenzen für das Abspielen von bis 800 Hz mit konstanter Amplitude aufgenommenen Langspielplatten geeignet ist. Außerdem ist es noch mit einem Lautstärkeregler kombiniert.

Würde die Platte mit konstanter Schnelle im ganzen Frequenzbereich bespielt werden, so würde dies einen Amplituden- bzw. Schnelleverlust auf den fünften Teil bedeuten. Für die mechanische Wiedergabe wäre das schon sehr fühlbar gewesen. Auch die Aufzeichnung der hohen Frequenzen hätte darunter stark gelitten.



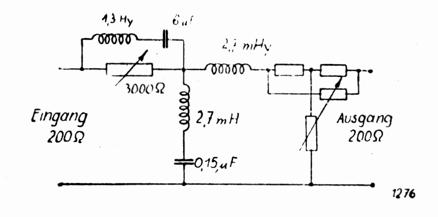


Bild 5: Dämpfungsverlauf und Schaltung eines Entzerrers

Bedenkt man, daß die Auslenkung bei 5000 Hz nur 0,0006 mm betragen würde, so sieht man ein, daß bei Pianostellen die fast mikroskopisch geringen Amplituden höchstens eine Größenordnung über der Materialkörnigkeit zu liegen kommen. Man könnte daher das Problem auch von der anderen Seite angehen und die größtmögliche Amplitude bei 5000 Hz studieren. Die Wellenlänge dieser Frequenz ist von der Rillengeschwindigkeit abhängig und daher an der Platte innen gemessen am kleinsten, sie beträgt 0,082 mm. Dies würde bei einer Auslenkung von 0,01 mm gerade noch zu einer genügenden Abtastung der Kurvenform mit einer eingeschliffenen Nadel reichen. Die Schnelle ergibt sich mit 30 cm/s, ungefähr dem dreifachen Wert der Norm. Bei einer Auslenkung von 0,065 mm errechnet sich als unterste Frequenz zirka 800 Hz. Spielt man die Platte von innen nach außen ab, so daß man mit einer scharfen, unabgenützten Nadel bei den kleinsten Rillengeschwindigkeiten arbeiten kann und damit auch noch höhere Frequenzen einwandfrei abzutasten imstande ist, dann kann man den Frequenzgang noch erweitern oder durch entsprechende Verlangsamung der Rillengeschwindigkeit die Spielzeit verlängern. Für die Langspielplatte hat man den Weg der Wellenlängeverkleinerung eingeschlagen, spielt von innen nach außen und läßt die Schallplatte mit $33^1/_3$ Umdrehungen in der Minute laufen. Der Gewinn ist die $2^1/_3$fache Spieldauer. Die Entzerrung muß natürlich berücksichtigt werden und nach der gestrichelten Kurve der Abbildung 5 verlaufen. Um eine Spielzeit von einer Viertelstunde zu erzielen, wird die Langspielplatte mit 40 cm Durchmesser hergestellt. Die innerste Rille kann dadurch sogar bei 15 cm Durchmesser begonnen werden. Die erreichbare Dynamik, gleiches Plattenmaterial, z. B. Lackfolien vorausgesetzt, bleibt gleich wie bei der Norm-Platte und beträgt 1:100 oder 40 db. Die erste Wiedergabe einer Wachsplatte aber erreicht mindestens 50 db.

Auf Grund der praktischen Daten dieser Untersuchung können wir durch Veränderung der einzelnen Komponenten jeden beliebigen Fall, der uns interessant erscheint, überschlagen. Auf Kosten des Frequenzumfanges und der Dynamik kann noch an Spielzeit gewonnen werden. Mit einer Rillenbreiteverkleinerung und weiteren Reduktion der Auslenkung ist mit den handelsüblichen Foliengeräten, schon aus mechanischen Gründen, eine wesentliche Spielzeitverlängerung nicht mehr zu erwarten. Zur Verbesserung d. Langspielplatte müßten vollkommen neue elektrische und mechanische Wege beschritten werden.

Um den gewünschten Frequenzgang der Schnelle mit den beschriebenen handelsüblichen Schreibern zu erreichen, ist es nötig, den übertragenen Ausgangswiderstand des Schneide-Verstärkers und den Impetanzverlauf des Schreibers zu kennen. Für die Normplatte muß die Anpassung bei 250 Hz erfolgen, für die beschriebene Langspielplatte bei 800 Hz. Damit wird erreicht, daß der Schreiberstrom bis zu dieser Frequenz konstant bleibt und dann mit zunehmender Frequenz abnimmt. Die Auslenkung ist dem Schreiberstrom proportional. An Tonfrequenzleistung ist je nach Erzeugung und Härte des Tonträgermaterials mit 0,5—2 Watt zu rechnen.

Eine weitere, schon wiederholt versuchte Verbesserung des Nadeltonverfahrens bestünde in der Schaffung einer konstanten Rillen-Geschwindigkeit. Da sich diese bei der Schallplatte im Laufe einer Abspielperiode im Verhältnis 1:3 ändert, ergibt sich infolge der verschiedenen Güte der Wiedergabe beim Uebergang von innen nach außen ein fühlbarer, oft recht störender Unterschied des Frequenzumfanges. Er ist bei Platten, die von innen nach außen gespielt werden, weniger auffällig und wird durch die Nadelabnützung einigermaßen kompensiert. Dies setzt aber eine Abstimmung des Nadelmaterials zum Tonträgermaterial voraus. Eine Drehzahländerung beim Abspielen zur Kompensation des veränderlichen Rillendurchmessers, um eine konstante Rillengeschwindigkeit zu erhalten, scheitert an der nötigen Präzision der mechanischen Konstruktion. Die Verwendung eines Bandes wie beim Tonfilm oder beim Philips-Miller-System ist naheliegend. Es wurden auch schon endlose Bänder, um das Rückwickeln zu ersparen, mit 100 Spuren nebeneinander ausgeführt. Die geringe Härte des verwendeten Materials erlaubte nur eine geringe Abspielwiederholung. Wenn es gelingt, ein Band mit einer 0,1 mm starken, elastischen, schneidfähigen Lackschicht herzustellen, könnte dem Magnetton noch eine Konkurrenz entstehen. Alle Einrichtungen, welche ein Band als Tonträger benützen, sind aber schon in der Bedienung komplizierter als das Grammophon und können, auch wenn ihre Qualität der der Schallplatte überlegen ist, nur mit dem Fortschritt der Technisierung und der Zunahme der kulturellen Ansprüche der Staaten und Völker, den Sieg davontragen.

Eine neue elektrische Rechenmaschine verwendet das Dualsystem der Zahlen

Eine neuartige Rechenmaschine wurde von einem Ingenieur in Deutschland konstruiert. Sie soll die Arbeit von zehn Rechnern zu leisten imstande sein. Die ganze Anlage besteht aus dem Rechenwerk mit elektromagnetischen Relais, während das Speicherwerk, das zum Speichern der Ausgangs- und Zwischenwerte dient, vollständig mechanisch arbeitet. Der Erfinder wich bei der Konstruktion vom bisher üblichen Dezimalsystem ab und verwendete das Dualsystem der Zahlen, das auch anderweitig in der Mathematik oft mit erheblichem Vorteil verwendet wird. Nur die Ausgangs- und Resultatwerte werden im Dezimalsystem angegeben. Für jeden Aufgabentyp wird ein Lochstreifen gestanzt, der die Befehle für alle weiteren Operationen der betreffenden Aufgaben an die einzelnen Teile der Apparatur weitergibt.

Blei-, Wismut- und Thalliumatome können zertrümmert werden

Aus Berkeley (Kalifornien) kam kürzlich die Nachricht, daß es dem Nobelpreisträger Prof. Dr. E. Lawrence gelungen sei, die Blei-, Wismut- und Thallium-Atome zu spalten. Bei dieser Gelegenheit sei daran erinnert, daß die Nutzbarmachung der Atomenergie einzig und allein auf der Spaltbarkeit des Uranatoms beruht, die erstmals dem Italiener Fermi gelang. Man schrieb diese Spaltbarkeit der besonderen Instabilität des Urankernes zu, der an sich schon radioaktiv ist. Daß prinzipiell alle Elemente gespalten werden können, vermutete man bei Erfolgen am Urankern sofort, doch war man sich bewußt, daß hierzu unverhältnismäßig große Energien aufgewendet werden müßten, da ja alle anderen Atomkerne bedeutend stabiler sind als der Urankern. Professor Lawrence hat zur Zersplitterung der Blei-, Wismut- und Thalliumkerne Neutronen verwendet, die derart beschleunigt wurden, daß sie eine Bewegungsenergie von 2 Milliarden Elektronvolt aufweisen. Das Gelingen dieser neuen Spaltung hat rein wissenschaftlichen Wert, für die Atombombentechnik ist sie bedeutungslos.

Eine neuartige Photozelle

Das Moskauer Institut für angewandte Physik macht derzeit mit einer verbesserten Photozelle Versuche, die etwa 25mal wirksamer sein soll, als die bisher konstruierten. Das lichtempfindliche Element besteht hier aus Thaliumsulfid. Bereits werden große Pläne geschmiedet, wonach es mittels stark vergrößerten Photozellen dieser Art möglich sein soll, Sonnen-Energie einzufangen und damit Akkumulatoren zu laden. Von einem Perpetuum mobile kann natürlich auch hier nicht die Rede sein, obwohl tendenziöse Berichte von einem solchen reden.

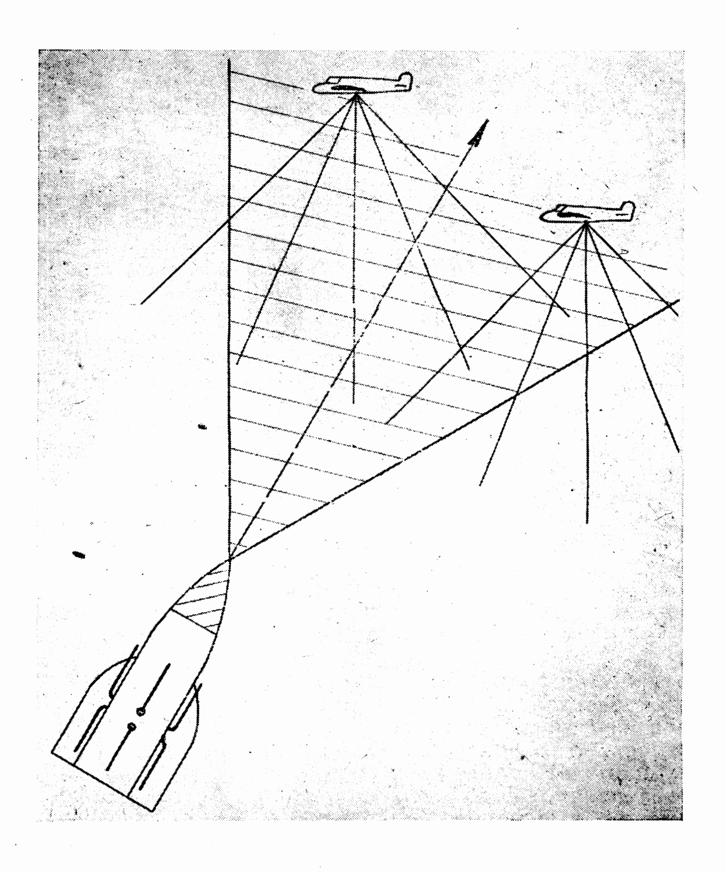
DIE „UNFEHLBARE" FLUGBOMBE

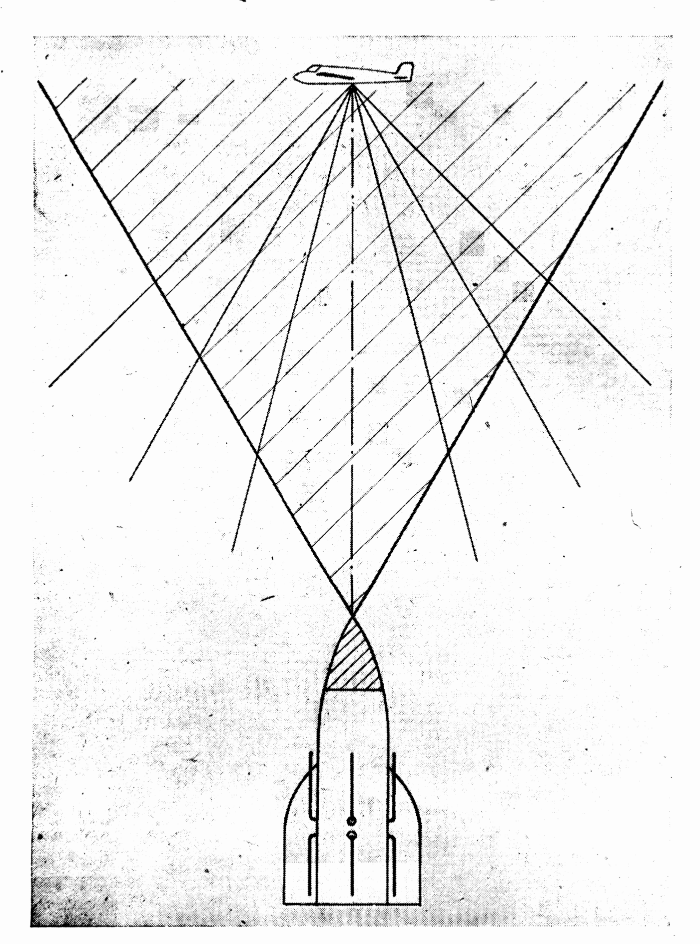
Eine originelle radiotechnische Ergänzung zu unserem Artikel „Fliegende Bomben" in Heft 6/1947

In der Patentliteratur tauchen seit einigen Jahren immer wieder Vorschläge zur automatischen Fernsteuerung von Torpedos und Flugzeugabwehrgeschossen auf. Allen diesen Patenten ist gemeinsam, daß die vom Ziel reflektierten Wellen (Schall- oder elektromagnetische Schwingungen) die Steuerung des Torpedos oder des Geschosses bewirken. Es ist ja leicht verständlich, daß eine Flugbombe, welche einen Radarsender in ihrer Spitze eingebaut hat, mittels eines Empfängers die reflektierten Impulse empfängt und dadurch automatisch so gesteuert wird, daß alle auf ihr angebrachten Antennen durch die Reflexion des Zieles gleichmäßig erregt werden. Dadurch wird eine genaue automatische Steuerung auf das Ziel erreicht. (Abbildung 1.) Die Automatik der Steuerung bewirkt also, daß das Geschoß oder was immer es ist, so geführt wird, daß alle Empfangsantennen die gleiche induzierte Spannung erhalten.

Untersuchen wir nun einmal, was sich ereignet, wenn sich mehr als ein Ziel in der Luft befindet. In Abbildung 2 haben wir den Fall mit zwei Zielen im Strahlkegel der Flugbombe dargestellt. Falls nun diese beiden Ziele gleich groß und gleich weit entfernt sind, so wird die Reflektion gleich stark sein. Die Folge ist, daß sich das automatische Geschoß auf einer Linie bewegen wird, die genau zwischen den beiden Flugzeugen hindurchgeht.

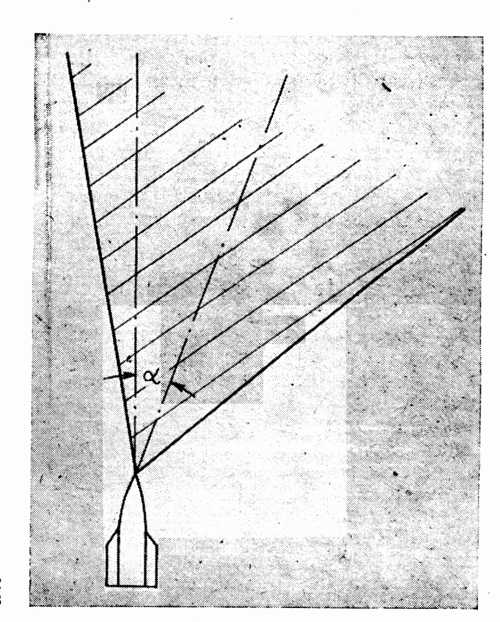
Man versuchte diesen folgenschweren Nachteil durch Anwendung der verschiedensten komplizierten Mittel zu beheben. Wir bringen nun unseren Lesern eine Erfindung zur Kenntnis, die durch ein ganz einfaches Mittel eine automatische Aussortierung bewirkt.





Der schiefgestellte Strahlkegel.

Die Zauberformel heißt: Schiefstellung des Strahlkegels. Während bei den bisher beschriebenen Modellen die Geschoß-Mittelachse gleichzeitig auch die Mittelachse des ausgestrahlten Funkkegels war, wird nun die Achse des Strahlkegels gegen diese geneigt. Es entsteht dadurch der Eindruck, daß die Flugbombe „schielt". (Abbildung 3.)



Links : Abbildung 1
Oben : Abbildung 2
Rechts : Abbildung 3

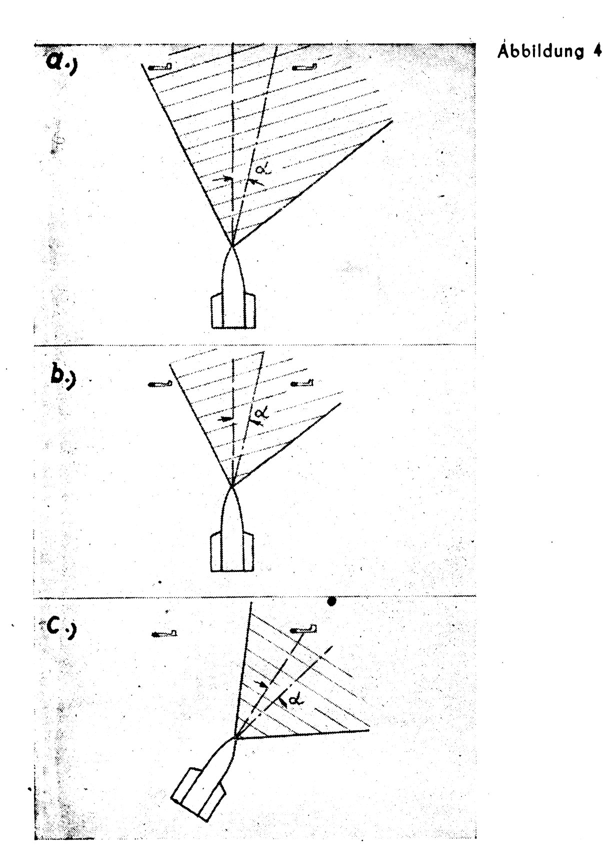


Abbildung 4

Was wird nun dadurch erreicht? Betrachten wir dazu Abbildung 4. Bild a) zeigt uns, wie die Bombe, durch die Reflektion des Strahlkegels verursacht, Mittelkurs zwischen den beiden angestrahlten Flugzeugen nimmt. Nun wird aber durch den schiefgestellten Strahlenkegel bewirkt, daß eine Stelle der Geschoßflugbahn erreicht wird, bei welcher das eine der beiden Flugzeuge aus dem Strahlenkegel austritt. (Bild 4b.) Ab dieser Stelle ist nur mehr ein Flugzeug im Kegel und es kann daher nur mehr dieses eine Flugzeug angesteuert werden. (Bild 4c.)

Durch Schiefstellung des Strahlkegels wird also die automatische Aussortierung beim Anflug mehrerer Flugzeuge erreicht. Aus einer großen Zahl von Flugzeugen sucht sich eine so gesteuerte Rakete immer nur ein Ziel aus, welches Flugzeug das ist, läßt sich aber nicht vorhersagen.

Wir haben diese Erfindung erläutert, um unseren Lesern zu zeigen, mit welchen einfachen Mitteln oft ganz überraschende Resultate erzielt werden können. Besser wäre es allerdings, wenn Forscher und Erfinder ihre Kräfte einsetzen würden, um der Menschheit eine schönere Zukunft in Frieden und Wohlstand zu ermöglichen.

Kunststoffe revolutionieren die Technik

Im Cornell-Laboratorium für Aeronautik in Buffalo (Staat New York) wurde ein neues, unzerbrechliches Material entwickelt, das aus einem mit einer Kunstharzlösung imprägnierten Glasstoff besteht und widerstandsfähiger als jeder Kunststoff und leichter als das leichteste Metall ist. Der neue Werkstoff ist um 20 bis 30 Prozent dauerhafter und rund 40 Prozent leichter als Aluminium. Man verwendet ihn vor allem zur Herstellung von Gehäusen für die Funkgeräte in Flugzeugen; dies ist aber nur eine der zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten.

Dieses neue Kunstharzglas, das auch während des Krieges im Karosseriebau von Panzerwagen Verwendung fand, wird nun auch für die Erzeugung einer Menge von Produkten für den Friedensgebrauch herangezogen. Das Material, das aus mehreren Schichten eines mit einer Kunstharzlösung imprägnierten Glasstoffes besteht, ist nicht gerade sehr billig, dafür aber kann es leicht mit Hilfe verhältnismäßig billiger Preß- und Prägemaschinen bearbeitet werden. Seine außergewöhnliche Leichtigkeit und Dauerhaftigkeit rührt daher, daß es aus feinen, schmiegsamen, aber sehr starken Glasfasern, die in eine Kunstharzmasse eingebettet werden, zusammengesetzt ist. Infolge dieser Faserstruktur verteilt sich die Gewalt eines Stoßes oder Druckes auf eine verhältnismäßig große Fläche, wodurch die Stoßenergie sofort absorbiert wird, bevor sie das Material zersplittern kann. Dieses neue Kunstharzglas ist daher spannungs-, druck- und biegungsfester als jedes Leicht- oder Schwermetall.

Durch Aenderung der Glasfasermengen, der „Webart" (d. h. der Richtung der einzelnen Fasern zueinander) oder der Verlagerung der Glasfasern an die Stellen stärkster Beanspruchung können die Eigenschaften des Glasstoffes bedeutend beeinflußt werden. Da die Fasern keine Feuchtigkeit aufnehmen, können sie auch weder quellen, noch sich bei Aenderung des Feuchtigkeitsgehaltes zusammenziehen. Außerdem sind sie auch sehr widerstandsfähig gegen Chemikalien, weshalb sie sich für unterird. Rohrleitungen besonders gut eignen.

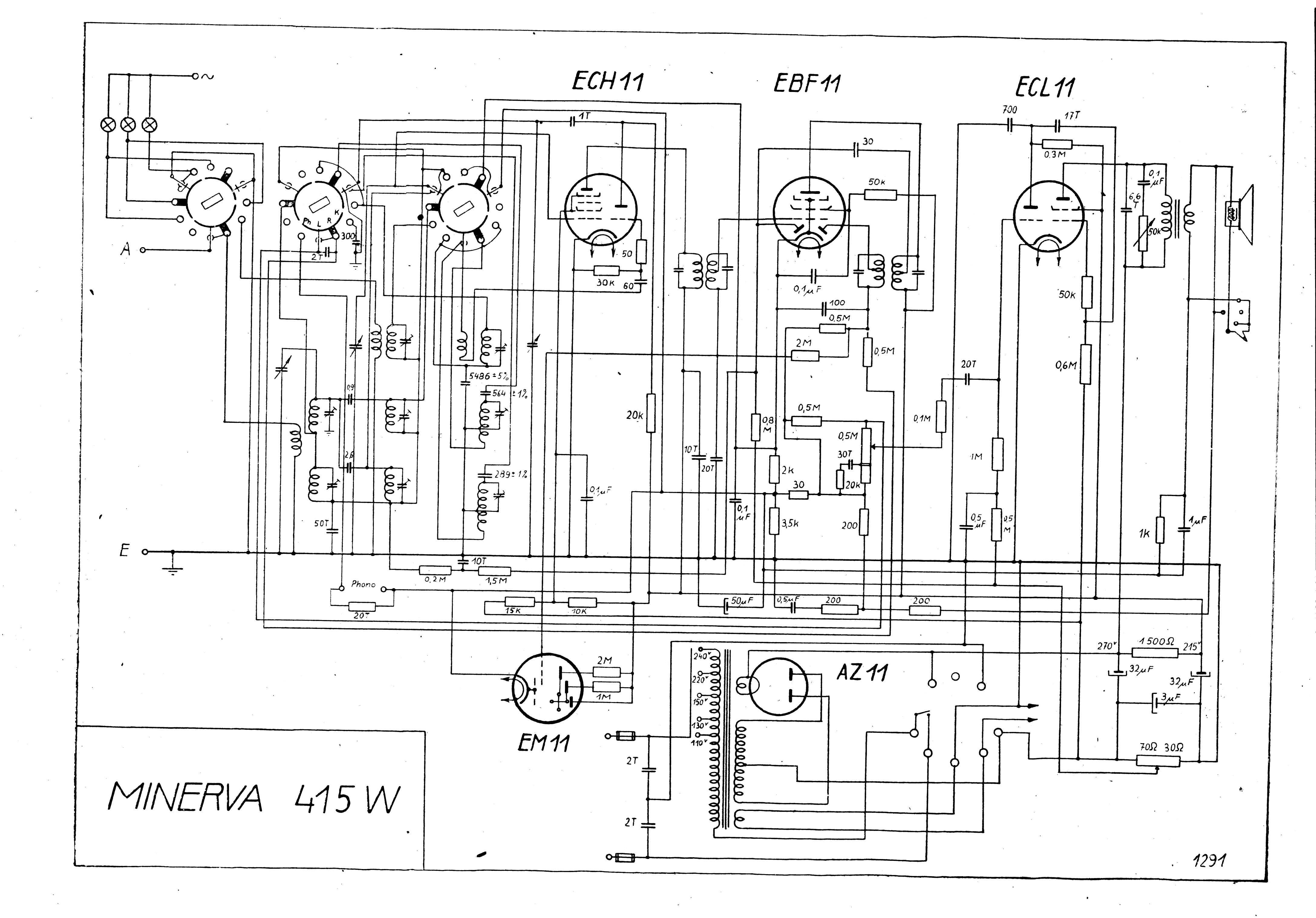
Mancherlei Gegenstände, die nicht auf dem gewöhnlichen Wege der Massenproduktion hergestellt werden, kann man durch Verwendung der neuen sogenannten „Kontakt-Druck"-Kunstharze großtechnisch erzeugen. Diese Harze werden ohne Druck durch einfache Hitzeeinwirkung aus flüssiger Masse hergestellt und mit Glasfasern verstärkt. Derartige Gegenstände sind ebenso widerstandsfähig wie Metalle, aber leichter und billiger in der Herstellung.

Das Schichtenglas wird gewöhnlich durch Eintauchen des Glasstoffes in eine Kunstharzmasse und die Verbindung mehrerer solcher Schichten durch Erhitzung erzeugt. So können beispielsweise auch Schiffsrümpfe mit verschiedenen derartigen Glasplatten verkleidet werden, die man mit einem flüssigen Harzanstrich versieht und den Innenflächen des Schiffsbauches genau nachformt. Die Mischung wird in einen riesigen Beutel gefüllt, dem man alle Luft entzieht. Die Masse erstarrt nun allein durch den äußeren Luftdruck zur gewünschten Form. Dann wird der Beutel samt Inhalt in einem Trockenofen erhitzt. Andere Verfahren zur Erzeugung von Schichtenglas arbeiten mit Metallformen unter Druck. Flache Platten unbegrenzter Länge aus diesem Material können durch die sogenannte „endlose Schichtung" hergestellt werden.

Dieser Industriezweig ist noch verhältnismäßig jung und bis jetzt gibt es auch kein Verfahren für rentable Massenproduktion. Trotzdem kann man aber, wie es scheint, schon jetzt sagen, daß sich die Erzeugung der Automobilkarosserien oder -schutzvorrichtungen, von Küchen- und Badezimmereinrichtungen, Kühlschränken, Türen und ähnlichen Dingen aus unzerbrechlichem Glas nur dann rentieren dürfte, wenn sie zumindest in gewissem Umfange erfolgt. Für ihre Massenerzeugung wird sich aber nach wie vor Metall wegen seines geringeren Rohpreises und trotz der beträchtlich höheren Anschaffungskosten der Bearbeitungsmaschinen besser eignen. Für die Herstellung von Schiffen und Booten, Koffern mittlerer Preislage oder Karosserien von Wohnwagen und von Möbeln ist der neue Werkstoff wie geschaffen. Die während des Krieges vielfach im Panzerwagenbau verwendeten Platten aus splittersicherem Kunstharz-Glas werden gegenwärtig von der Belegschaft einer Oelfirma benützt, die in den tropischen Urwäldern arbeitet. Die Platten dienen den Arbeitern und Pionieren zum Schutz gegen die Pfeile der Eingeborenen.

„das elektron": Aus der Schaltbildsammlung

Umstehend bringen wir die Schaltung des Industrieempfängers Minerva 415 W. Der Empfänger wurde in zwei Ausführungen, mit permanentdynamischen und mit fremderregten Lautsprecher gebaut. Umstehendes Schaltbild zeigt die Ausführung mit permanentdynamischem Lautsprecher. Die andere Ausführung weist keine nennenswerten Aenderungen auf.



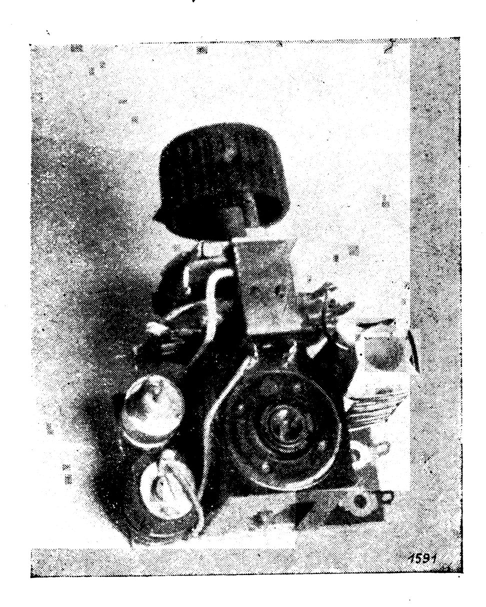
ECH11
EBF11
ECL11
EM11
AZ11
MINERVA 415 W
1291
A
E
Phono
1T
30
700
17T
0,3M
50k
0,1 μF
6,6 T
50
30K
60
2T
300
0,1 μF
100
0,5M
2M
0,5M
50k
0,6M
20T
0,9
2,8
50T
5486 ± 5%
564 ± 1%
289 ± 1%
20k
0,8 M
0,5M
0,5M
30T
20k
2k
30
3,5k
200
0,1M
1M
0,5 μF
0,5 M
1k
1 μF
10T
20T
0,1 μF
10T
0,2M
1,5M
20
15K
10K
50 μF
0,5 μF
200
200
270V
1500Ω
215V
32 μF
32 μF
3 μF
70Ω 30Ω
2M
1M
240V
220V
150V
130V
110V
2T
2T

INDUSTRIEBERICHTE

„Z"-Einzelteile

Die sehr rührige Firma Ing. F. Zehetner zeigt neben ihrem schon seit einiger Zeit bekannten „Baby"-Baukasten, der nach wie vor prompt lieferbar ist, ein neues Gerät zum Selbstbau, namens „Phonette". Es enthält alle Einzelteile zum Selbstbau eines normalen 3-Röhren-Empfängers, wie Edelholzkassette, Lautsprecher, Skala usw., wird aber derzeit ohne Röhren geliefert.

Interessant ist die von der Firma erzeugte Vollsicht-Skala, die in Verbindung mit dem weiter unten ausführlicher behandelten „Z 2"-Spulenaggregat entwickelt wurde und dementsprechend für zwei Wellenbereiche eingerichtet ist (Kurzwellen 22—49 m, Normalbereich 200—600 m). Abstimm- und Rückkopplungs-



kondensator lassen sich leicht auf der Frontplatte befestigen, die Einstellung erfolgt mittels Uebersetzung 1 : 12 ohne Totgang. Die Stationsnamen sind im Halbkreis angeordnet und die Skala in Wellenlängen (Metern) geeicht. Der Ausschnitt, für den die Beschriftung eingerichtet ist, mißt etwa 145×165 mm, der Zeigermittelpunkt liegt exzentrisch, wodurch sich ein ganz apartes Aussehen ergibt.

Das vorgenannte Z 2-Spulenaggregat besteht in einer umschaltbaren Spulengruppe für Einkreiser für Mittel- und Kurzwellen. Die Mittelwellenspule besitzt einen völlig geschlossenen Topfkern aus HF-Eisen, die Güteziffer liegt über 200. Um aber trotz des Eisenkernes und der damit bedingten festen Kopplung von der Antennenform weitgehend unabhängig zu bleiben, ist noch eine Luftdrossel zur Antennenspule in Reihe geschaltet. Diese Kombination wirkt wie eine hochinduktive Antennenkopplung. Die Bereichsgrenzen lassen sich durch Verstellen des Eisenkernes und durch einen Lufttrimmer mit dem verwendeten Drehkondensator in Einklang bringen. Die Kurzwellenspule ist auf einen keramischen Träger gewickelt. Mit dem Drehkondensator und einer zusätzlichen Parallelkapazität von 115 pF läßt sich ein Wellenbereich von 20—45 m überstreichen. Die Spulen sind mit einem Sektorschalter, der drei Stellungen besitzt, zusammengebaut. Die dritte Stellung dient zur Wiedergabe von Schallplatten. Das Aggregat wird allein nicht geliefert; es ist lediglich in die Skalen eingebaut erhältlich.

In etwas einfacherer Form liegt dann noch die Spulengruppe „Z 1" vor, die gesondert lieferbar ist und nach Belieben in Verbindung mit einem Drehkondensator als Wellenfalle oder als Detektorempfänger, darüber hinaus aber auch als HF-Eingangskreis und als Audionkreis verwendet werden kann. Dieser Bauteil, der sich durch geringe Dimensionen auszeichnet, ist ebenfalls sehr solide konstruiert und stellt ein wirklich universell verwendbares Element dar.

Für jene, die ihr Gerät älterer Bauart nachträglich verbessern wollen, gibt es dann noch ein Klangveredlungsfilter, das für alle Empfänger mit mindestens einer Audion- und einer NF-Stufe, für Kraftverstärker in A-Schaltung, sowie für Schallplatten-Schneideverstärker bei Wiedergabe geeignet ist. Ein Teil der Endstufenspannung wird über zwei RC-Glieder zurückgeführt, so daß die tiefen und hohen Frequenzen besonders angehoben werden, während die Mittellage unverändert bleibt. Damit wird eine gehörrichtige Wiedergabe erreicht.

Als Neuheit verdienen noch die ebenfalls von Ingenieur Zehetner erzeugten Universal-Gitterkappen hervorgehoben zu werden, die infolge ihrer Konstruktion die Unterbringung von RC-Gliedern in ihrem Innern erlauben, wodurch keine abgeschirmten Zuleitungskabel mehr nötig werden. Schließlich seien noch sehr formschöne und griffige Drehknöpfe aus Bakelit erwähnt, die in zwei Ausführungen, schwarz und braun, zur Verfügung stehen.

Radargesteuerte Raketen

Ueber die Vickers-Raketen, mit denen derzeit Versuche zur Ueberwindung der Schallgeschwindigkeitsgrenze unternommen werden, erfahren wir einige technische Daten. Danach wird sie von einem Mosquito-Flugzeug auf 10.800 m Höhe geschleppt und erst dort abgeschossen. Nach dem Abschuß fällt die Rakete um 300 m, bis sich ihr Motor einschaltet. Dieser Motor ist ein verbessertes Modell desjenigen, der kurz vor Kriegsende in einen deutschen Jäger eingebaut worden war, und soll 2000 PS entwickeln. Die ganze Rakete ist 3,30 m lang und etwa 9 Zentner schwer. Sie durchfliegt in 7 Sekunden eine Strecke von 32 km. Die Flugdauer ist durch das Brennstoffgewicht von 3 Zentnern begrenzt. Genau nach diesen 70 Sekunden vermindert sich die Geschwindigkeit der Rakete, wodurch sie noch einmal die Grenzen der Schallgeschwindigkeit nach unten durchfliegt. Während den kritischen Zeiten können beide Male Versuche über den Einfluß des Luftwiderstandes angestellt werden, die von eingebauten Apparaten registriert werden. Zum Schlusse wird die Rakete durch eine selbsttätige Steuervorrichtung jäh nach unten ins Meer gelenkt. Eine Radar-Einrichtung (durch Drehschaltung) ermöglicht genaue Feststellung aller zu beobachtenden Daten aus der Ferne.

BAUANLEITUNG: „das elektron“ *PICCOLO*

Einkreis-Geradeausempfänger mit 3 RV 12 P 2000 und 1 VY 2

Nachfolgend bringen wir unseren Lesern die Beschreibung eines von Herrn Rupert Strobel in Windischgarsten gebauten Kleinempfängers. Die Schaltung wurde aus dem Gedanken heraus entwickelt, durch Einbau einer Niederfrequenzstufe die Lautstärke eines DKE zu erhöhen. Wie uns Herr Strobel dazu schreibt, erzielte er mit einem so umgebauten Empfänger auch dort noch lautstarken Empfang, wo der normale DKE bereits versagte. Es erscheint uns zweckmäßiger, statt des abnormalen Schirmgitter- und Anodenwiderstandes, die zweite Stufe als Triode zu schalten. Schirmgitter und Anode sind dann zu verbinden, der Widerstand 30 kOhm und der Kondensator 0,1 μF entfallen. Der volle Verstärkungsgrad der zweiten Stufe kann ja sowieso nicht ausgenützt werden, da sonst Selbstschwingungen auftreten.

Da es im allgemeinen mit einem Audion und einem Kopfhörer ohne weiteres möglich ist, auch an Orten mit schlechten Empfangsbedingungen mehrere Sender zu hören, lag der Gedanke nahe, die zum Lautsprecherbetrieb erforderliche Endlautstärke durch Verwendung von zwei NF-Stufen zu erhalten. Da zum Bau des Versuchsgerätes ein Liliputlautsprecher zur Verfügung stand, wurde der Empfänger in zwei Ausführungen hergestellt, und zwar in einer Kleinstausführung (Bild 1 und 2) oder mit normalen Bauteilen (Bild 3 und 4). Um bei der Kleinstausführung (Empfängergröße 15×9×7 cm) die durch den engen Zusammenbau der Teile bedingte stärkere Erwärmung in erträglichen Grenzen zu halten, wurde der Vorwiderstand des Heizkreises in einem eigenen kleinen Gehäuse in der Netzleitung untergebracht. Die zweite Ausführung (siehe Bild 3 und 4) wurde mit einem normalen, zur Zeit im freien Handel erhältlichen Lautsprecher gebaut und ist dementsprechend größer.

Bild 5 zeigt die Schaltung des Gerätes. Zum Anschluß der Antenne sind drei Buchsen vorgesehen. Eine für direkten Anschluß, die beiden anderen über zwei Verkürzungskondensatoren. Der HF-Teil ist für den Empfang für Kurz- und Mittelwellen ausgebildet. Während Gitter und Antennenspule für den Mittelwellenbereich induktiv gekoppelt sind, erfolgt die Ankoppelung beim Empfang von Kurzwellen über einen 10-pF-Kondensator (durch Verdrillung zweier Drähte hergestellt) direkt an das Gitter der Audionstufe. Die Schaltung ist eine frequenzabhängige elektrische Weiche. Für Kurzwellen bildet der Kondensator einen geringen Widerstand ($R_C = \frac{1}{\omega C}$ ω = groß), die Antennenspule einen hohen Widerstand ($R_L = \omega L$, ω = groß). Im Mittelwellenbereich ist die Frequenz und damit auch ω wesentlich kleiner, so daß der Widerstandswert des Kondensators größer, der der Spule kleiner ist als beim Empfang von Kurzwellen. Durch diese Schaltung wird ein Umschaltkontakt eingespart. Die Spulen können sowohl auf Eisenkerne gewickelt werden, als auch als Luftspulen ausgeführt sein. Selbstverständlich ist auch jeder normale, handelsübliche Spulensatz verwendbar. Die Windungszahlen sind:

	Eisenkernspule	Luftspule
Mittelwelle:		30 mm
Antennenspule	250	250 Wdg.
Rückkopplungssp.	25	35 Wdg.
Gitterspule	100	100 Wdg.

Kurzwelle: Gitterspule 9 Windungen, 10 mm ø, darauf 8 Windungen für die Rückkopplungsspule.

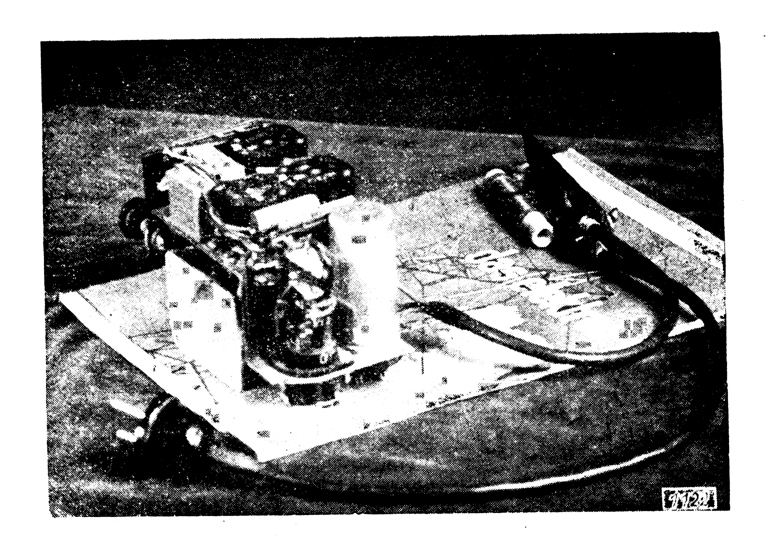
Beim Empfang der Kurzwelle wird die Mittelwellenspule durch einen Schalter kurzgeschlossen. Um bei der Kleinausführung Platz zu sparen, wurden als Abstimmkondensatoren zwei Glimmerdrehkondensatoren verwendet, von denen der eine den Umschalterkontakt für den Wellenbereich trägt (DKE-Drehko). Der Gitterableitwiderstand und der Ankopplungsblock der ersten Röhre müssen abgeschirmt sein. Bei der größeren Ausführung werden beide Bau-Elemente in eine normale Gitterkappe eingebaut, die auch gleichzeitig den Gitterkontakt der Röhre mit abschirmt. Der Verstärkungsgrad der zweiten Stufe kann nicht voll ausgenützt werden, da sonst die Endröhre übersteuert würde. Daher haben Schirmgitter- und Anodenwiderstand ungebräuchliche Werte. Da der Apparat vor allem in gringerer Entfernung vom Sender große Lautstärke aufweist, empfiehlt es sich, den Anodenwiderstand der zweiten Stufe als Potentiometer zur Lautstärke-Regelung auszuführen. Bei der Kleinstausführung wurde, um Raum zu sparen, kein Potentiometer verwendet.

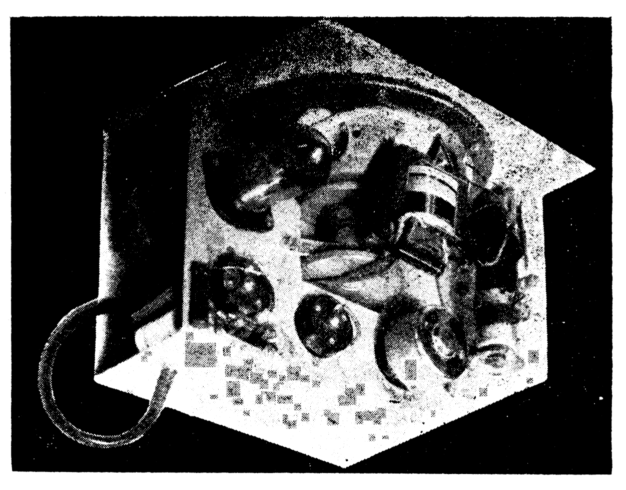
Die Endstufe, ebenfalls eine RV 12 P 2000, ist normal geschaltet, der Netzteil für Allstrombetrieb ausgeführt. Zur Gleichrichtung wurde eine VY 2, die man auch durch einen Trockengleichrichter ersetzen kann, verwendet. Zur Glättung ist ein Widerstand von 5 kOhm (2 Watt) vorgesehen. Ist die Anodenspannung zu klein (bei 110 Volt Netzspannung und starker Unterspannung), so ist es zweckmäßig, den Wert auf 2 kOhm zu reduzieren.

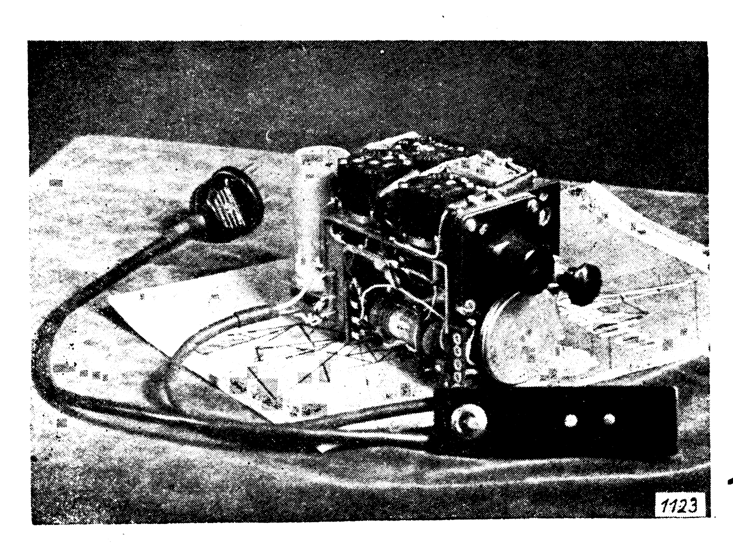
Die Heizungen sämtlicher Röhren sind in Serie geschaltet. Da der Heizstrom der RV 12 P 2000 75 mA, der der VY 2 aber nur 50 mA beträgt, ist es notwendig, zur letzteren einen Widerstand parallel zu schalten. Durch ihn fließen die restlichen 25 mA. Da der Spannungsunterschied seiner beiden Anschlußpunkte — er liegt parallel zur VY 2 — gleich der Heizspannung dieser Röhre sein muß, berechnet sich seine Größe aus dem Ohmschen Gesetz: $R = U / J = 30 / 0{,}025 = 1200$ Ohm. Die notwendige Belastbarkeit ergibt sich aus der in ihm in Wärme verwandelten Leistung $N = U \cdot J = 30 \cdot 0{,}025 = 0{,}75$ Watt. Ein 1-Watt-Widerstand reicht somit aus. Steht kein 1,2-kOhm-Widerstand zur Verfügung, so kann ohne weiteres einer mit 1,5 kOhm verwendet werden.

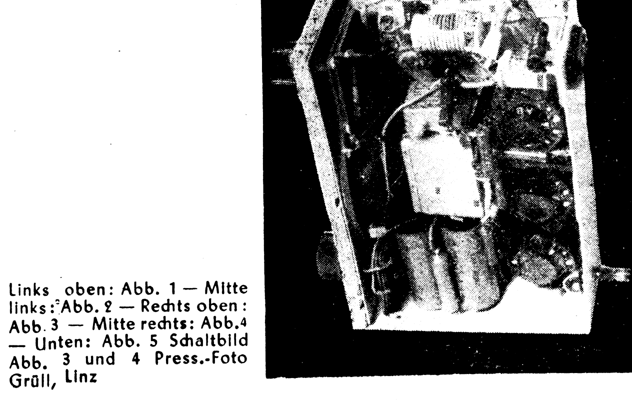
Zur Berechnung des Vorwiderstandes für den Heizkreis ist die Kenntnis des zwischen seinen Anschlußpunkten bestehenden Spannungsunterschiedes erforderlich. Da von drei RV 12 P 2000 $3 \times 12 = 36$ Volt, von einer VY 2 30 Volt, von der Skalenlampe ungefähr 4 Volt, zusammen 70 Volt verbraucht werden, ist der Spannungsabfall am Widerstand beim Anschluß an 110 Volt $110 - 70 = 40$ Volt. Es kann natürlich auch eine Skalenlampe mit höherem Spannungsabfall verwendet werden, der Vorwiderstand ist dann um so kleiner. Der Strom, der durch den Vorwiderstand fließt, ist der gesamte Heizstrom, also 75 mA oder 0,075 A. Sein Widerstandswert berechnet sich somit $U / J = 40 / 0{,}075 = 530$ Ohm. Bei Anschluß an 220 Volt sind um 110 Volt mehr zu vernichten. $R_{220} = 150 / 0{,}075 = 2000$ Ohm. Die Belastungsfähigkeit des Vorwiderstandes folgt wieder aus der in Wärme umgesetzten Leistung, $N = U \cdot J = 150 \cdot 0{,}075 = 11{,}3$ Watt. Als Vorwiderstand für die Heizung ist somit ein Widerstand von 2000 Ohm mit einer Belastbarkeit von 12 oder mehr Watt zu verwenden. Für den Anschluß an 110 Volt ist ein Abgriff bei 530 Ohm, für den Anschluß an 150 Volt ein Abgriff bei 1060 Ohm vorzusehen.

Da das Chassis direkt am Netz liegt, darf die Erdbuchse nicht an diesem angebracht sein, sondern muß isoliert befestigt werden. Sie









Links oben: Abb. 1 — Mitte links: Abb. 2 — Rechts oben: Abb. 3 — Mitte rechts: Abb. 4 — Unten: Abb. 5 Schaltbild Abb. 3 und 4 Press.-Foto Grüll, Linz

1121

wird mit dem Chassis durch einen 5000-pF-Kondensator verbunden. Die Antennenspule ist mit der Erdbuchse und nicht mit dem Chassis zu verbinden, da sonst die Antenne über die Antennenspule an der Netzspannung liegt. Das kann nicht nur zum Durchbrennen der Antennenspule, sondern auch zur Gefährdung von Personen führen.

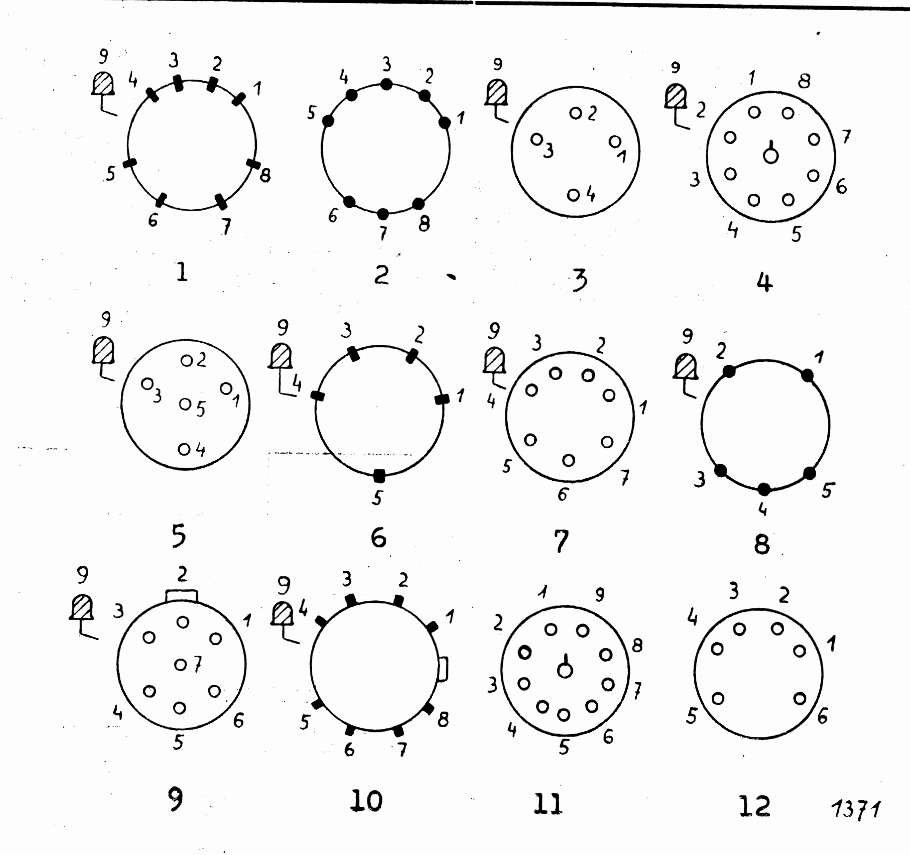
Hat man sich die zum Bau erforderlichen Teile (siehe Stückliste) besorgt, so legt man die Groß-Bauteile in der gewählten Anordnung auf ein Blatt Papier und zeichnet sich die Umrisse und alle erforderlichen Bohrungen in natürlicher Größe ab. Die Bohrungen und Ausnehmungen werden sodann auf das Chassisblech übertragen. Dadurch ist gewährleistet, daß der Empfänger auch sauber aussieht. Nachdem die großen Teile montiert sind, ergibt sich die Anbringung der kleinen Teile bei der folgenden Verdrahtung von selbst. Schon bei der Platzwahl der Hauptbauteile ist darauf zu achten, daß die **Verbindungen möglichst kurz** ausfallen.

Die gebauten Versuchs-Apparate zeigten auch in abseits gelegenen Gegenden mit schlechten Empfangsbedingungen eine beachtliche Lautstärke und brachten auch bei Tag mit ganz kurzen Behelfsantennen eine größere Anzahl von KW-Stationen. Selbstverständlich läßt sich das Gerät auch mit NF 2-Röhren usw. ausführen. Es sind dabei nur die Widerstände des Heizkreises zu ändern.

Stückliste.

3 Röhren RV 12 P 2000
3 Fassungen dazu
1 Röhre VY 2
1 Fassung dazu
1 Skalenlampe 0,1 A, 2 bis 40 V
1 Fassung dazu
1 Lautsprecher
1 Heizvorwiderstand 2000 Ohm, 12 Watt
2 Elektrolytkondensatoren 8 uF, 250 bis 350 V
1 Drehkondensator 500 cm
1 Drehkondensator 200 cm
1 Potentiometer 50 kOhm
2 Ausschalter
1 Sicherungsfassung mit Sicherung 0,3 A
4 isolierte Buchsen
1 Spulensatz für Mittel- und Kurzwellenbereich oder 10 m HF-Litze oder Lackdraht
1 Widerstand 500 Ohm
2 Widerstände 1,5 kOhm
1 Widerstand 5 kOhm
1 Widerstand 30 kOhm
1 Widerstand 50 kOhm
1 Widerstand 0,1 mOhm
1 Widerstand 0,2 mOhm
4 Widerstände 1 mOhm
1 Kondensator 10 pF
1 Kondensator 50 pF
1 Kondensator 100 pF
1 Kondensator 500 pF
2 Kondensatoren 5000 pF
2 Kondensatoren 10.000 pF
2 Kondensatoren 0,1 uF, 250 V
1 Kondensator 1 uF, 250 V
1 Kondensator 0,5 uF, 12/25 V
1 Kondensator 10 uF, 12/25 V

Widerstände, bei denen keine besonderen Belastungs-Angaben gemacht wurden, haben 1/4 bis 1 Watt, Kondensatoren die übliche Spannungsfestigkeit.



Erklärung für die in Spalte „Verwendung" gebrauchten Abkürzungen

NF . . . . Niederfrequenzverstärker
WV . . . . Widerstandsverstärker
E . . . . Endröhre
Osz. . . . . Oszillator
A } Gegentakt . . . . . A-Verstärker
B } Gegentakt . . . . . B-Verstärker
AB } Gegentakt . . . . . AB-Verstärker
D.Gl. . . . . Diodengleichrichter
M . . . . Mischröhre
MR . . . . Mischröhre, geregelt
MA . . . . Magisches Auge
HF . . . . Hochfrequenzverstärker
HFR . . . . Hochfrequenzverstärker, geregelt
ZF . . . . Zwischenfrequenzverstärker
ZFR . . . . Zwischenfrequenzverstärker, geregelt
Z . . . . Doppelweggleichrichter

Gitter-Wechselspannungsbedarf und Sprechleistung gelten bei den in A-, AB- und B-Schaltung angeführten Röhrentypen immer für zwei in Gegentakt geschaltete Röhren, der Außenwiderstand ist von Anode zu Anode gemessen

⟶

Daten und Sockelschaltungen aller E-Röhren, 1. Teil

Viele unserer Leser haben den Wunsch nach einer genauen und übersichtlichen Zusammenstellung aller gebräuchlichen Rundfunkröhren geäußert. Unsere Röhrenkartei erfüllt nun diesen Wunsch umfassend, hat natürlich aber den Nachteil, eine gewisse Zeit zu beanspruchen, um mit allen Röhrentypen durchzukommen. Wir haben uns daher entschlossen, neben der Röhrenkartei Uebersichten aller gebräuchlichen Empfängerröhren zu bringen und begannen dementsprechend in Heft 4/5 mit der A-Serie.

Röhre	Heizung: Art	Heizung: Spann. Uh V	Heizung: Strom Jh A	Verwendung	Betriebsdaten: Anoden-spannung UA (*Ub) V	Anoden-strom JA (*JL) mA	Spannung an G1 Ug1 (*UG4) V	Schirmg.-Spannung Ug2 (*Ug2 +4)	Schirmg.-Strom Ig2 (*Ig2 +6)	Bremsg.-Spannung Ug3 (*Ug3 +5) V	Steilheit S (*Se) mA/V	Durchgriff D (*D2) %	Innen-widerst. Ri KΩ	Außen-widerst. Ra (*ℜa) KΩ	Kathoden-widerst. Rk KΩ	Schirmg.-Widerst. Rg2 (*Rgu) KΩ	Sprech-leistung ℜ W	Max.-Werte: Betriebs-spannung Ub (*UL) V	Schirmg.-Spannung Ug2 (*Ug3 +5) V	Anoden-verlustl. Na W	Schirmg.-Belastung NG2 (*Ng3 +5) W	Gitter-widerst. Rg1 (*Rg3) MΩ	Sockeldaten: 1	2	3	4	5	6	7	8	9 Kappe	Sockel-Nr.	Röhre
Ergänzung der A-Röhren																																	
AC 100	ind	4	0,65	NF, WV Osz.	250	7	-5,5	—	—	—	2,7	—	10	—	0,8	—	—	—	—	2	—	—	F	F	M	A	K	—	—	—	G1	8	AC 100
AC 101	ind	4	0,65	NF, WV Osz.	250	7	-5,5	—	—	—	2,7	—	10	—	0,8	—	—	—	—	2	—	—	F	M	F	A	K	—	—	—	G1	5	AC 101
AD 100	ind	4	1,6	E	300	40	-26	—	—	—	4,5	—	1,4	5	—	—	1,7	—	—	12	—	—	F	A	F	K	G1	—	—	—	—	9	AD 100
AD 101	ind	4	1,6	E	300	40	-26	—	—	—	4,5	—	1,4	5	—	—	1,7	—	—	12	—	—	F	G1	F	A	K	—	—	—	—	5	AD 101
AD 102	ind	4	1,6	E	400	70	-51	—	—	—	5,8	—	0,86	4	0,72	—	5,5	—	—	12	—	—	F	—	F	K	G1	—	—	A	—	9	AD 102
AF 100	ind	4	0,7	HF, ZF WV	250	15	-2,1	250	1,6	—	10,5	—	300	—	—	—	—	—	—	4	—	—	F	K	F	G1	G3	G2	M	A	—	10	AF 100
AH 100	ind	4	1,1	HF, ZF MR	250	—	—	250	—	—	1,5	—	250	—	—	—	—	—	—	2	—	—	M	F	F	K	G3	G4	G2	A	G1	10	AH 100
EAB 1	ind	6,3	0,2	D.Gl.	200	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	M	F	F	K	D1	—	D	D2	—	1	EAB 1
EBC 1	ind	6,3	0,4	D.Gl. NF, WV	250 100	4 2	-7 -3,2	— —	— —	—	2 1,8	3,7 4	13,5 14	— —	1,75 1,6	—	—	}250	—	1,5	—	1,5	M	F	F	K	D1	D2	—	A	G1	1	EBC 1
EBC 3	ind	6,3	0,2	D.Gl. NF, WV	250 100	5 2	-5,5 -2,1	— —	— —	—	2 1,6	3,3 3,3	15 19	— —	1 1	—	—	}250	—	1,5	—	1	M	F	F	K	D1	D2	—	A	G1	1	EBC 3
EBC 11	ind	6,3	0,2	D.Gl. NF, WV	250 250* 100	5 0,75 2	-8 — -3,2	— — —	— — —	—	2,2 — 1,8	4 — 4	11,5 — 14	— 200 —	1,6 5 1,6	—	—	300 ∽500 —	— —	1,5 — —	— —	3 3 —	D1	D2	F	F	—	K, M	G1	A	—	2	EBC 11
EBF 1	ind	6,3	0,3	D.Gl. ZF, NF	250	9	-3	125	2,3	—	1,1	—	650	—	0,33	—	—	—	—	—	—	—	M	F	F	K	D1	D2	G2	A	G1	1	EBF 1
EBF 2	ind	6,3	0,2	D.Gl. HFr, ZFr	250 100	5 5	-2,-38 -2,-15	100-250 100	1,6 1,6	—	1,8 1,8	—	1500 400	— —	— 0,3	95 —	—	}300	125 300	1,5	0,3	3	M	F	F	K	D1	D2	G2	A	G1	1	EBF 2
EBF 11	ind	6,3	0,2	D.Gl. HFr NFr	250 250* 100	5 1 5	-2,-41 -2 -2,-16	100-250 — 100	1,8 0,3 1,8	—	1,8 — 1,8	—	2000 — 300	— 200 —	0,3 1,5 0,3	85 600 —	—	300 ∽500 —	125 300 —	1,5 — —	0,3 — —	3 — —	D1	D2	F	F	A	K, M G3	G1	G2	—	2	EBF 11

Röhre	Heizung Art	Spann. Uh V	Strom Jh A	Verwendung	Anoden-spannung UA (*Ub) V	Anoden-strom JA (*JL) mA	Spannung an G_1 Ug1 (*Ug4) V	Schirmg.-Spannung Ug2 (*Ug2 +4)	Schirmg.-Strom Ig2 (*Ig8 +6)	Bremsg.-Spannung Ug3 (*Ug8 +5) V	Steilheit S (*Se) mA/V	Durchgriff D (*D2) %	Innen-widerst. Ri KΩ	Außen-widerst. Ra (*Ra*) KΩ	Kathoden-widerst. Rk KΩ	Schirmg.-Widerst. Rg2 (*Rgu) KΩ	Sprech-leistung N W
EBL 1	ind	6,3	1,5	D.Gl. E	250	36	-6	250	5	—	9,5	—	50	7*	0,15	—	4,3
EBL 21	ind	6,3	0,9	D.GL. E AB	250 300	36 36	-6 —	250 300	4,5 3,8	— —	9,0 —	— —	50 —	7* 9*	0,15 0,13	— —	4,5 13,2
EB 1	ind	6,3	0,25	D.Gl.	200	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EB 2	ind	6,3	0,24	D.Gl.	200	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EB 4	ind	6,3	0,2	D.Gl.	200	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EB 11	ind	6,3	0,2	D.Gl.	200	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ECF 1	ind	6,3	0,2	HF, ZF NF	250 150	5 9	-2 -2	100 —	2 —	— —	2,5 2,55	— 4,35	1200 9	— —	}0,125	— —	— —
ECH 3	ind	6,3	0,2	Osz. MR	250* 250 100	3,3 3 1,1	-10 -2,-23 -1,-13	— 100* 140*	— 3 1,5	— -10 -10	— 0,65* 0,47*	4 — —	— >1300 1300	45 — —	}0,19 0,21	— — —	— — —
ECH 4	ind	6,3	0,35	Osz.+ MR	250* 250	4,5 3	-5 -2-24	— 100- 150*	— 6,2	— —	— 0,75*	5 —	— 1400	30 —	}0,15	— 24	— —
ECH 11	ind	6,3	0,2	Osz.+ MR	250* 250 100	3,4. 2,3 0,45	-10 -2,-18 -1-8,5	— 100-227 43-90	— 3 0,6	— -10 -5	— 0,65* 0,47*	5 — —	— >800 800	30 — —	}0,23 0,35	— 50 50	— — —
ECH 21	ind	6,3	0,33	Osz. MR ZFR WV	250* 250 250 250*	4,5 3 5,3 1	-9,5 -2,-24 -2,-36 -2	— 100-250 90-220	— 6,2 3,5 —	— -9,5 0 —	0,55 0,75* 2,2 —	— — — —	— 1400 900 —	20 — — 200	}0,15 0,2	— — — —	— — — —
ECH 33	ind	6,3	0,7	Osz.+ M	100 250	1 3	-1,25 -2	60 100	1,5 3	— —	0,45 0,65	— —	1200 1300	— —	0,25 0,25	— —	— —
ECL 11	ind	6,3	1	NF E	250 250	2 36	-2,5 -6	— 250	— 4	— —	2 9	1,5 4*	33 25	— 7*	— —	— —	— 4
EC 2	ind	6,3	0,4	Osz. NF	250	6	-5,5	—	—	—	2,5	3,3	12	—	0,9	—	—
EC 50	ind	6,3	1,3	Kipp. Osz.	1000	750	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EDD 11	ind	6,3	0,4	E	250	2×3,5	-6,3	—	—	—	—	—	—	16*	—	—	5,5
EE 1	ind	6,3	0,6	Phasen Umkehrr.	250	8-	-2,5	150	0,7	—	14	—	75	—	—	—	—
EE 50	ind	6,3	0,3		250	10	-3	250	—	150	14	—	250	—	3	—	—
EFF 50	ind	6,3	0,6	HF	300	2×10	-2	225	2×1,5	—	10	—	250	—	0,6	—	—
EFM 1	ind	6,3	0,2	MA, WVR	250*	{0,8;0,65* 0,5;0,8*	-2 -20	40 180	0,6 0,2	— —	— —	— —	— —}	130	0,75* —	350	— —

Röhre	Max.-Werte Betriebs-spannung Ub (*UL) V	Schirmg.-Spannung Ug2 (*Ug8 +5) V	Anoden-verlust. Na W	Schirmg.-Belastung NG2 (*Ng8 +5) W	Gitter-widerst. Rg1 (*Rg3) MΩ	Sockeldaten 1	2	3	4	5	6	7	8	9 Kappe	Sockel-Nr.	Röhre
EBL 1	260	260	9	1,5	1	—	F	F	K,M G3	D1	D2	G2	A	G1	1	EBL 1
EBL 21	}300	300	11	1,2	1	F	K,G3	D1	D2	G2	G1	A	F	—	4	EBL 21
EB 1	—	—	—	—	—	M	F	F	K	D1	—	—	—	D2	6	EB 1
EB 2	—	—	—	—	—	D1	F	F	K,M	D2	—	—	—	—	6	EB 2
EB 4	—	—	—	—	—	M	F	F	K1	D1	—	D2	K2	—	1	EB 4
EB 11	—	—	—	—	—	D1	—	F	F	—	K,1M	K2	D2	—	2	EB 11
ECF 1	— —	— —	— —	— —	— —	M	F	F	K,G3	ATr.	GTr.	G2	A	G1	1	ECF 1
ECH 3	{150 {300	— 125- 200	1,5 1,2	— 0,6	0,05 3	M	F	F	K	ATr.	GTr.+ G3	G2+ G4	A	G1	1	ECH 3
ECH 4	100 250	— 125- 250	0,5 2	— 0,3	0,05 3	M G5 K	F	F	ATr.	G3	GTr.	G2+ G4	A	G1	1	ECH 4
ECH 11	{150 {300	— 125- 300	1 1,8	— 0,6	0,03 3	ATr.	GTr.+ G3	F	F	A	K, M	G1	G2+ G4	—	2	ECH 11
ECH 21	{175 {300	— 100- 300	0,8 1,5	— 1	0,05 3	F	G3	G1	G2 G4	GTr.	ATr.	A	F	K,G5	4	ECH 21
ECH 33	— —	— —	— —	— —	— —	M G5 K	F	F	ATr.	G3	GTr.	G2+ G4	A	G1	1	ECH 33
ECL 11	300 250	— 275	0,6 9	— 1,3	1,5+0,2 0,5+0,2	G1	G2	F	F	A	K	GTr.	ATr.	—	2	ECL 11
EC 2	250	—	2	—	1,5	M	F	F	K	—	—	—	A	G1	1	EC 2
EC 50	—	—	—	—	—	—	F	F	K	—	G1	—	—	A	1	EC 50
EDD 11	250	—	2 > 3	—	—	A	G1	F	F	—	K,M	G1'	A'	—	2	EDD 11
EE 1	250	150	2	0,1	0,7	M	F	F	K	G3	—	G2	A	G1	1	EE 1
EE 50	—	—	—	—	—	F	M	G1	K	M	G2	A	G3	F	11	EE 50
EFF 50	—	—	—	—	—	F	A'	G2	G1	K K' G3 G3'	G1	G2	A	F	11	EFF 50
EFM 1	300 200- 300*	300	0,4	0,4	3	M	F	F	K G3	L	G1	G2	A	—	1	EFM 1

Mathematik - brr!

Erster Teil

Auf Wunsch vieler Leser bringen wir eine mathematische Aufsatzfolge für Elektrotechniker, um allen denen, die keine Gelegenheit hatten, Mathematik schulmäßig zu erlernen, die Kenntnisse zu vermitteln, die man braucht, um Formeln richtig zu verstehen und Berechnungen durchzuführen. Für alle „Vorbelasteten" mag dies Gelegenheit zur Wiederholung sein

Lieber Leser! Haben Sie schon einen Baumeister gesehen, der zuerst den ersten Stock eines Hauses baut bevor noch das Erdgeschoß fertig und das Fundament genügend gefestigt ist. Sicherlich nicht. Obwohl die Mathematik ein ähnliches Gebäude ist — statt mit Ziegeln wird mit Größen gebaut und der Mörtel ist der logische Schluß — wird man immer wieder verlockt, sich mit höheren Stockwerken zu beschäftigen, obwohl der Grund noch nicht gefestigt ist. Da es für Gedanken kein Gesetz der Schwerkraft gibt, scheint dies möglich zu sein. Hat man aber eine Weile in schwindelnder Höhe gebaut und merkt man, wie schwankend das Bauwerk geworden ist, dann ergreift viele die Angst vor der eigenen Courage. Statt, um eine Erfahrung reicher, von Grund auf neu zu beginnen, wird entweder die Flinte ins Korn geworfen oder versucht, durch fragwürdige Quermauern (auswendig gelernte Formeln), dem Ganzen etwas mehr Halt zu geben. Wer ein Baumeister werden will, muß zuerst mauern lernen. Und darum wollen wir bei den Ziegeln beginnen. Unsere Ziegeln aber sind die Größen.

Unter einer Größe versteht man etwas, das sich vermehren oder vermindern läßt. „23 Schillinge" lassen sich zweifelsohne vermindern oder (bei einigem Fleiß) auch vermehren. „23" ist somit eine Größe und da 23 einen ganz bestimmten Wert darstellt, eine **bestimmte Größe**. Zum Unterschied davon gibt es **allgemeine Größen**, etwa der Geldbetrag, den jemand in der Tasche hat. Dieser ist zweifelsohne eine Größe, denn er läßt sich vermehren oder vermindern. Auch hat er einen Wert, der jederzeit bestimmt werden kann, im Augenblick aber noch nicht festgestellt worden ist. Er kann somit jeden Wert haben (leider auch Null). Genau so, wie man für dreiundzwanzig „23" schreibt, um Platz zu sparen und übersichtlicher rechnen zu können, führt man für „den Betrag, den jemand in der Tasche hat", ein Symbol, ein Kurzzeichen, eine Art mathematische Stenographie [1]) ein. Das Zeichen, das man dazu wählt, kann ganz beliebig festgelegt werden: Etwa eine altägyptische Hieroglyphe, ein chinesisches Schriftzeichen oder die Karikatur einer geldgefüllten Hosentasche. Wesentlich ist nur, daß Schreiber und Leser wissen, was das Kurzzeichen bedeutet. Allgemein üblich, da naheliegend, ist es, die kleinen und großen Buchstaben des Alphabetes zu verwenden. Reicht man damit nicht aus, so werden die griechischen Buchstaben dazu genommen. **Wir vereinbaren**: Mit Buchstaben a, b, c.... A, B, C... α, β, γ ... bezeichnen wir Größen (Zahlen), die irgend einen Wert (Zahlenwert) haben. Festgelegt jedoch wird dieser Wert erst am Schluß (manchmal auch während) einer mathematischen Abhandlung (Rechnung). Reichen die Buchstaben nicht aus oder will man einen für zwei verschiedene Größen verwenden, so setzt man zur Unterscheidung kleine, tiefgestellte Zahlen (Indizes). Weiter vereinbaren wir: Mit dem Zeichen „+" sprich „und" oder „plus", meinen wir den Begriff vermehren, dazugeben; mit dem Zeichen „—" sprich „weniger" oder „minus", vermindern, wegnehmen.

Mit den bisher vereinbarten Symbolen läßt sich schreiben: $a + b - c$. Dies ist die abgekürzte Schreibweise (mathematische Stenographie) für den Gedankengang: Die Größe a, ihr Betrag wird später festgelegt, ist um die Größe b, ihr Betrag wird später festgelegt, zu vermehren und sodann um die Größe c, der Betrag wird später festgelegt, zu vermindern. Wollen wir die Erkenntnis — die Außenlänge (L_a) einer Kiste ist gleich der Innenlänge (Li) dieser Kiste, vermehrt um den doppelten Betrag der Wandstärke (s) — mit unserer mathematischen Kurzschreibweise festhalten, so müssen wir schreiben: $L_a = L_i + 2s$. Wobei die weiteren Vereinbarungen vorausgesetzt wurden, daß „=" ist gleich, d. h. gleichwertig bedeutet und eine vor ein Buchstabensymbol gesetzte Zahl sagen soll: nehme diese Größe so oft mal als die Zahl es angibt. 2s ist also gleichbedeutend mit $2 \times s$ oder $2 . s$ sprich 2 mal s. „$\times$" „und" „.", [2]) beide Schreibweisen sind üblich und bedeutet: multipliziere.

Die beiden Zeichen + und — lassen nun noch eine andere und wie wir sehen werden, vollkommen gleichwertige Auslegung zu, die Auslegung als Vorzeichen. Wir stehen z. B. vor der Aufgabe, die Größe der Lufttemperatur um 5 Uhr (t_5) festzustellen. Wir wissen, daß die Lufttemperatur um 3 Uhr (t_3) 8° C betrug und daß sich die Luft inzwischen um den Betrag $t = 12°$ C abgekühlt hat. Uns ist bekannt, daß sich die Temperatur um 5 Uhr (t_5) aus Temperatur um 3 Uhr (t_3) ergibt, wenn wir von dieser die Temperaturabnahme (t) abziehen also: $t_5 = t_3 - t$. Wenn wir die festgestellten Zahlenwerte einsetzen, folgt daraus: $t_5 = 8 - 12$. Wir stehen vor der schwierigen Aufgabe, von 8 12 wegnehmen zu müssen. Nehmen wir von 8 bloß 8 weg, so bleibt nichts übrig, wir haben den Nullpunkt erreicht. Die zu bestimmende Außentemperatur muß aber noch um 4 Grade weniger haben. Sie hat also $0 - 4°$ C. Lassen wir zur einfacheren Schreibweise die Null weg, so bedeutet -4 einen Wert, der um 4 kleiner ist, als der (willkürlich) festgelegte Nullpunkt. Wollen wir die Temperatur um 3 Uhr exakt schreiben, auch sie wird von dem (willkürlich) festgelegten Nullkunkt aus gemessen, so müßten wir schreiben $0 + 8°$ C, unter Weglassung der Null zur Vereinfachung, $+8$. Die Zeichen „+" und „—", die vor der Größe stehen, heißen **Vorzeichen, sie sind ein Bestandteil der Größe**. Durch das Einführen der Vorzeichen können wir die ersten beiden Grundrechnungsarten zu einer einzigen zusammenfassen. Die früher getroffenen Vereinbarungen über die Schreibweise von Addieren und Subtrahieren lassen sich folgendermaßen formulieren:

Nebeneinanderschreiben von Größen (zur Größe gehört auch das Vorzeichen) ohne sie durch einen Beistrich zu trennen, bedeutet: diese Größen sind zu addieren. Das Addieren einer negativen Zahl ist gleichbedeutend mit dem Subtrahieren der gleichgroßen positiven Zahl.

$+8 + 5 - 3 + 6$ heißt nach der letzten Formulierung: Zähle die Größen $+8$, $+5$, -3, $+6$ zusammen. Nach der **früheren Fassung derselben** Vereinbarung heißt es: Vermehre die Null um 8, dann um 5, vermindere das Ergebnis um 3 und vermehre das neuerliche Ergebnis um 6. Dem Anfänger sei empfohlen, sich nur an die zweite Fassung (Lesart) der getroffenen Vereinbarung zu halten. Sollen die Größen a, b, c zusammengezählt und davon die Größe d subtrahiert werden, so schreiben wir sie mit entsprechenden Vorzeichen (für Subtraktion minus) nebeneinander: $+a + b + c - d$. Das Nebeneinanderschreiben heißt, die Größen sind zu addieren. Das Vorzeichen der ersten Größe wird meistens weggelassen, wenn es plus ist. Steht vor einer Zahl kein Vorzeichen, so heißt das immer, daß die Zahl positiv ist. Die Reihenfolge, in der wir zu summierende (addierende) Größen nebeneinanderschreiben, ist wie eine einfache Ueberlegung zeigt, gleichgültig. Ich komme zum selben Ergebnis, ob ich schreibe $+2 + 4 - 6 + 3$ oder ob ich z. B. schreibe $4 + 3 - 6 + 2$. Mit den Symbolen allgemeiner Größen geschrieben $a - b + c - d = a + c - b - d$. Die Sum-

[1]) Wenn wir die Symbole geschickt wählen, ersparen wir viel Rechenarbeit. Durch das bei uns übliche dekatische Zahlensystem (zum Unterschied vom Römischen XI, XM) ist es möglich, sämtliche Zahlen zu multiplizieren, wenn man bloß das Kleine Einmaleins beherrscht.

[2]) „x" und „." sind gleichbedeutend. Erst in der Vektorrechnung wird beiden Zeichen eine verschiedene Bedeutung gegeben.

manden, so heißen die Glieder einer Summe, können beliebig vertauscht werden. (Feststellung oder Lehrsatz. Muß man sich merken, es bleibt kein Auge trocken!)

3.5 ist die abgekürzte Schreibweise für den Gedankengang, die Zahl 3 ist mit der Zahl 5 zu multiplizieren oder aber, da das Multiplizieren aus dem Addieren folgt, auch die Schreibweise des Gedankenganges: $+3+3+3+3+3$, d. h., die Summe aus 5 gleichen Summanden $(+3)$ ist zu bilden. Da die Summe von $3+3+3+3+3$ die gleiche ist wie von $5+5+5$, so führen 3.5 und 5.3 zu dem gleichen Ergebnis. Mit allgemeinen Größensymbolen geschrieben $a.b = b.a$. Auch beim Multiplizieren gilt der Satz der Vertauschbarkeit der Glieder, die hier Faktoren heißen.[3]) a.b heißt dabei multipliziere a mit b oder bilde die Summe der Summanden a $(a+a+a+a+a\ldots)$ wobei der Summand „a" b mal vorkommt. b.a heißt: multipliziere b mit a oder bilde die Summe der Summanden b $(b+b+b+b\ldots)$, wobei der Summand „b" a mal vorkommt. Das Befehlssymbol multipliziere den Punkt (.) wird oft weggelassen und die Größen nur nebeneinander geschrieben. 3a oder 3.a heißt multipliziere 3 mit a. (a.b oder ab). Das Vorzeichen muß dabei aber weggelassen werden (nur bei plus möglich), denn das Nebeneinanderschreiben von Größen mit dem Vorzeichen heißt ja summiere. Unterscheide $a+b$ und a.b, ab. Will ich beim Multiplizieren die Vorzeichen schreiben (bei Minus muß ich es ja), so ist der Punkt zu verwenden oder ein neues Symbol (Kurzzeichen, mathm. Siegel) die Klammer einzuführen, $+a.+b$ oder $(+a)(+b)$. Vereinbarung: Alles durch eine Klammer Zusammengehaltene bildet einen Faktor. Da ein Faktor das Glied einer Multiplikation ist, so hat die Klammer auch die Befehlsgewalt anzuordnen: Multipliziere! Kommen in einem Rechnungsgang Additionen und Multiplikationen vor, so müssen wir vereinbaren, welche Rechenoperation zuerst durchzuführen ist, denn nicht immer ist die Reihenfolge gleichgültig. Führen wir im Beispiel $3+4.5$ was richtig (d. h. vereinbart) ist, zuerst die (höhere Operation) die Multiplikation aus, so erhalten wir $3+4.5 = 3+20 = +23$. Würden wir, entgegen der getroffenen Vereinbarung, zuerst die Addition und dann erst die Multiplikation durchführen, so bekommen wir: $3+4.5 = 7.5 = 35$, ein völlig anderes Ergebnis. Wollen wir den letzten Gedankengang, addiere $3+4$ und multipliziere die Summe mit 5, in mathematische Schreibform bringen, so müssen wir eine Klammer setzen.

$(3+4)(+5)$. Die Klammer bildet aus der Summe $3+4$ einen Faktor $(+7)$. Die Rechnung besteht nun nur mehr aus zwei Faktoren. Bevor die Multiplikation durchgeführt wird, muß natürlich der von der Klammer zusammengehaltene Ausdruck auch wirklich zusammengebracht werden. Unterscheide:

$3+4.5 = 23$ und $(3+4).5$ oder $(+3+4)(+5) = +35$. Oftmals will man, oder kann man, die Operation in der Klammer nicht zuerst ausführen. Dann hilft folgende Ueberlegung. Der Ausdruck $(3+4).5$ heißt, die Summe von 3 und 4 ist mit 5 zu multiplizieren. Zum selben Ergebnis muß ich kommen, wenn ich statt der Summe jeden Summanden (aus diesen besteht ja die Summe) mit 5 multipliziere. Also $(3+4).5 = 3.5+4.5$ = (die höhere Rechenoperation ist zuerst auszuführen) $15+20 = +35$. Mit den allgemeinen Größenzeichen geschrieben $(a+b).c = ac+bc$. Oder noch allgemeiner gefaßt $(a+b)(c+d) = +ac+bc+ad+bd$. In Worten: zwei Summen werden miteinander multipliziert, indem man jeden Summand der einen, mit jedem Summanden der anderen Summe multipliziert. Wählt man z. B. $a=1$, $b=2$, $c=3$, $d=4$, so erhält man $(1+2)(3+4) = +1.3+2.3+1.4+2.4 = 3+6+4+8 = 21$, oder auch $(1+2)(3+4) = 3.7 = 21$. Kommen in den Ausdrücken negative Vorzeichen vor, so sind bei Multiplikation die Zeichenregeln zu beachten ($+.+$ und $-.-$ gibt $+$; $+.-$ und $-.+$ gibt $-$).

Zusammenfassend halten wir folgende Vereinbarungen und Rechenregeln wegen ihrer fundamentalen Wichtigkeit fest:

1. Größen. Unter einer Größe verstehen wir etwas, das sich vermehren oder vermindern läßt. Man unterscheidet bestimmte Größen wie 1, 2, 3, 4 usw., deren Zahlenwert bekannt ist und allgemeine Größen a, b, c, d... A, B, C,... α, β, γ ..., deren Zahlenwert erst am Ende (oder manchmal während) eines Rechnungsganges eingesetzt wird.

2. Vorzeichen. Jede Größe hat ein zu ihr gehörendes Vorzeichen, welches angibt, in welcher Richtung, vom festgelegten Nullpunkt aus, die Größe zu rechnen ist. Das positive Vorzeichen $(+)$ kann weggelassen werden. Steht vor einer Größe kein Vorzeichen, so ist sie positiv. 35, 6, a, $L = +35$, $+6$, $+a$, $+L$.

3. Die Grundrechnungsarten.

a) Rechnung 1. Ordnung: Das Addieren (Subtrahieren ist ein Addieren mit umgekehrten Vorzeichen).

b) Rechnung 2. Ordnung: Das Multiplizieren (das Dividieren ist ein Multiplizieren mit dem Reziprokwert).

c) Rechnung 3. Ordnung: Potenzieren und Radizieren (Wurzelziehen).

Kommen in einem Rechnungsausdruck mehrere Rechnungsarten vor, so ist die Rechnungsart der höchsten Ordnung zuerst auszuführen.

4. Das Addieren, Summieren oder Zusammenzählen. Die einzelnen Glieder, die zusammengezählt werden sollen, heißen Summanden, das Ergebnis (Resultat) heißt Summe.

Soll von mehreren Größen die Summe gebildet werden, so schreibt man sie mit dem Vorzeichen (gehört nach 2 zur Größe) nebeneinander. Das Nebeneinanderschreiben bedeutet: summiere (addiere, zähle zusammen) $a+c+d+k+G+x$; $-2+4-6-3+2 = -5$ Ist das Vorzeichen des ersten Summanden $+$, so kann es weggelassen werden. Die Summe bleibt die gleiche, wenn die Reihenfolge der Summanden geändert wird. $-a-b+c-d+e = c+e-d-b-a$.

5. Das Multiplizieren oder Vervielfachen. Die einzelnen Glieder, die zu multiplizieren sind, heißen Faktoren, das Ergebnis Produkt.

Sollen mehrere Faktoren multipliziert werden, so schreibt man sie nebeneinander. Zwischen zwei Faktoren wird ein Multiplikationszeichen (. oder $\times$) gesetzt oder die Faktoren werden eingeklammert.

$+a.+b.+c.+d$ oder $+a\times+b\times+c\times+d$ oder $(+a)(+b)(+c)(+d)$.

Zur Hervorhebung kann das Multiplikationszeichen auch zwischen die Klammern gesetzt werden $(-a).(-b).(-c).(-d)$. Wird bei positiven Zahlen (nach 2) das Vorzeichen weggelassen, so kann auch das Multiplikationszeichen entfallen. $(+3).(+a).(+b) = +3.+a.+b = 3.a.b = 3ab$.

Vorzeichenregel: $+.+$ und $-.-$ gibt $+$
$+.-$ und $-.+$ gibt $-$

$+3.+4 = +12$; $-3.-4 = +12$; $+3.-4 = -12$; $-3.+4 = -12$; $-3.-4.-2 = +12.-2 = -24$.

6. Die Klammer. Soll eine Summe von Summanden einen Faktor bilden, so werden die Summanden eingeklammert.

Unterscheide:

$3-4.2$ = zuerst die höhere Rechenoperation = $3-8 = -5$; $(3-4).2$ = zuerst der Ausdruck in der Klammer $= -1.2 = -2$.

Eine Summe wird mit einer Summe multipliziert, indem man entweder die Summen ausrechnet und miteinander multipliziert $(4-3+2).(2+3) = (+3).(+5) = 3.5 = 15$ oder indem man jeden Summanden der ersten Summe mit jedem Summanden der zweiten Summe multipliziert.

$(4-3+2).(2+3) = 4.2+4.3-3.2-3.3+2.2+2.3 = -8+12-6-9+4+6 = +15$

$(+a_1+a_2+a_3+a_4\ldots+a_n).(+b_1+b_2+b_3+b_4\ldots+b_m) = +a_1b_1+a_1b_2+a_1b_3\ldots+a_1b_m+a_2b_1+a_2b_2+a_2b_3\ldots+a_2b_m+a_3b_1+a_3b_2+a_3b_3\ldots+a_3b_m+\ldots+a_nb_1+a_nb_2\ldots+a_n-b_m$

(Fortsetzung folgt.)

[3]) Bei der Vektorrechnung gilt dieser Satz nicht mehr.

Herausgeber, Eigentümer und für den Inhalt verantwortlich: Ing. H. Kirnbauer, Urfahr, Reindlstraße 10, Redaktion Linz, Landstraße 9, Tel. 21450, 38166. Verleger, Generalvertrieb für das In- und Ausland und Expedit: Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. Donau, Landstraße 9, genehmigt durch Permit der Militärregierung vom 15. August 1946 — Druck: Buch- und Kunstdruckerei Joh. Haas, Wels, Stadtplatz 34 — 3175-47

BASTLERRATSCHLÄGE

Unser Preisausschreiben „Der beste Bastelratschlag" abgeschlossen

Sehr viele brauchbare und unbrauchbare, gute und schlechte Bastelratschläge sind im Verlaufe unseres Preisausschreibens bei uns eingegangen. Es war leicht, die Spreu vom Weizen zu sondern, aber schwer, unter den vielen Weizenkörnern die drei größten auszusuchen. Wir haben uns bemüht, dies nach bestem Wissen und Gewissen zu machen und geben nachfolgend die drei Preisträger bekannt.

1. Preis: 50.— S Herr Hans Gebhart, Linz-Waldegg Nr. 567: „Wir prüfen Röhren mit dem Ohmmeter."
2. Preis: 30.— S Herr Ing. Sepp Krammer, Mauerkirchen: „Schone dein Augenlicht."
3. Preis: 20.— S Herr A. Höllermann, Lenzing: „Drehknöpfe — Mangelware."

Wir danken allen Einsendern für ihre Mühe und bitten alle Leser, uns auch weiterhin Erfahrungen und Ratschläge aus der Praxis für die Praxis zugehen zu lassen. Brauchbare Arbeiten übernehmen wir gerne zu den üblichen Sätzen zum Abdruck.

Fahrraddynamo als Stromquelle für Radioapparate

Die Stromabschaltungen im vergangenen Winter als Folge des Wassermangels in den Stauseen und des Kohlenmangels der thermischen E-Werke, haben viele Radiohörer u. a. auch deswegen verärgert, weil sie auf manch interessante Rundfunksendung während der Abschaltzeiten verzichten mußten. Die neuerlichen Maßnahmen, die der Bundeslastverteiler jetzt treffen mußte, lassen auch im kommenden Winter Stromeinschränkungen befürchten, zumal die Kohlenlage kaum viel besser werden dürfte. Es seien daher hier einige Anregungen gegeben, wie man einen Fahrraddynamo, den fast jeder Radbesitzer im Hause hat, als Stromquelle für einen einfachen Radioapparat verwenden kann.

Es ist klar, daß die Leistungsaufnahme des Radioapparates nicht höher sein darf als die Leistungsfähigkeit des Dynamos, also maximal ca. 3 Watt. Wir werden daher — je nach den verwendeten Röhren — höchstens einen 1- bis 4-Röhrenapparat betreiben können. Da wir nur über wenig Leistungsüberschuß verfügen, dürfen Energieumwandlungen so wenig und so verlustarm wie möglich vorgenommen werden.

Der Dynamo liefert einen Wechselstrom von 6 Volt Spannung. Es ist daher naheliegend, eine indirekt geheizte Röhre der E-Serie zu verwenden. So wurde nach der Schaltung Abb. 1 ein Apparat mit der E C H 21 gebaut, die eine kombinierte Audion + N F — Verstärkung

Bild 1

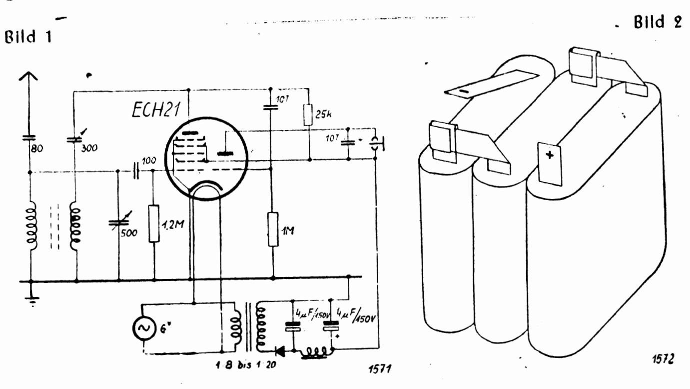
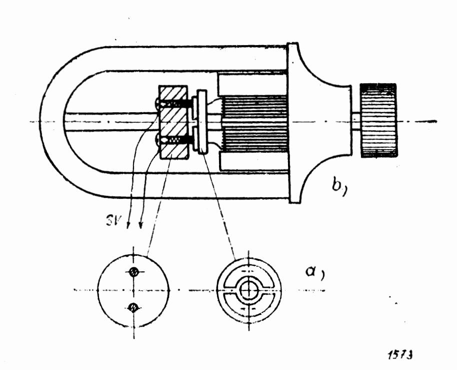


Bild 2

1572

Bild 3



ermöglicht. Die Anodenspannung läßt sich am besten aus einer Anzahl in Serie geschalteter Taschenlampenbatterien gewinnen. Der Stromverbrauch ist gering, daher die Lebensdauer groß. Die Anschlußfahnen der Batterien verbindet man einfach so, indem man sie nach Abb. 2 biegt und mit einer Flachzange zusammenpreßt.

Vermag man keine Taschenlampenbatterien aufzutreiben, so können wir den Anodenstrom auch aus dem Fahrraddynamo gewinnen. Für die Heizung der E C H 21 haben wir ja erst 2 Watt verbraucht (6,3 V × 0,33 A = 2,079 W). Ein Klingeltransformator (verlustarme Ausführung) transformiert uns die Spannung von 6 Volt auf etwa 100 Volt Wechselstrom, der dann durch einen Trockengleichrichter gleichgerichtet wird. Eine Siebkette unterdrückt die „Netzgeräusche".

Mit dem Apparat lt. Schaltung Abb. 1 wurden tagsüber im Kopfhörer ca. 5 der stärkeren Fernsender gehört, während der Nacht über 12 Stationen.

Der Antrieb des Dynamos erfolgt durch das Hinterrad des Fahrrades, durch die Nähmaschine oder eine kleine Turbine an Wasserleitung usw.

Die wenigsten Amateure werden nun über geeignete 6-Voltröhren verfügen. Man kann aber auch die derzeit leicht erhältlichen Batterieröhren der ehemaligen Wehrmacht verwenden, z. B. RV 2,4 P 700. Der Stromverbrauch dieser Röhren ist sehr niedrig (0,06 Ampère × 2,4 Volt = 0,144 Watt), so daß man einen 4-Röhrenapparat mit einem Fahrraddynamo betreiben kann. Da diese Röhren direkt geheizt sind, muß der Wechselstrom des Dynamos mittels Trockengleichrichter oder Einbau eines Kollektors gleichgerichtet werden. Letzteren kann jeder Bastler selbst anfertigen. Auf ein Isolierplättchen von etwa 20 mm Durchmesser wird ein durchbohrter Kupfergroschen aufgenietet und dieser dann mit einer feinen Säge oder Messerfeile halbiert (Abb. 3 a) und schließlich glattgefeilt und auf der Rotorachse befestigt (Abb. 3 b). Anfang und Ende der Rotorwicklung werden mit den Kollektorhälften verbunden und der Strom durch zwei gegenüberliegende Bleistiftminen, die durch Federn leicht an den Kollektor angedrückt werden, abgenommen. (Obige Angaben beziehen sich auf zweipolige Dynamos; bei vierpoligen muß der Kollektor 4-teilig ausgeführt werden.) Der Gleichstrom muß endlich durch einen 500 bis 1000 μF-Elektrolytkondensator geglättet werden.

Die Heizspannung der Röhren muß nach der Dynamospannung möglichst angeglichen werden, d. h. wir schalten die Heizfäden von je 2 Röhren in Serie („hintereinander", das ergibt 4,8 Volt. Die Restspannung von 1,2 Volt vernichten wir durch einen Vorschaltwiderstand. Oder wir halbieren die Rotorwicklung des Fahrraddynamos, schalten die Wicklungshälften parallel und erhalten somit nur 3 Volt. Die Restspannung wird wieder durch einen Vorschaltwiderstand vernichtet. Oder wir wickeln überhaupt den Dynamo um und verringern (oder erhöhen) die Windungszahl der Rotorwicklung nach der

Formel: gesuchte Windungszahl = ursprüngliche Windung / 6 × gewünschte Spannung. Auf diese Weise kann man aus einem zweiten Fahrraddynamo auch ohne Transformator den Anodenstrom direkt gewinnen, sofern man die erforderliche Windungszahl mit entsprechend dünnerem Draht unterbringt. Geschickte Bastler werden auch zwei getrennte Wicklungen für Heiz- und Anodenstrom auf die Polschuhe eines Fahrraddynamos gemeinsam aufwickeln können und die beiden Ströme von zwei getrennten Kollektoren abnehmen.

Es sind noch eine Reihe von Ausführungen möglich, doch der Zweck dieses Artikels ist nicht, dem Leser eine Anleitung zum sklavischen Nachbau einer bestimmten erprobten Ausführung zu geben, sondern ihm lediglich Anregungen zu vermitteln, die er dann je nach Geschicklichkeit und vorhandenen Betriebsmitteln nach eigener Urteilskraft verwerten kann.

Fritz Ulbrich.

Wir prüfen Röhren mit dem Ohmmeter.

Sind die Röhren in Ordnung? Das ist doch immer die erste Frage, die man sich bei einer Radioreparatur stellt. Die wenigsten Radiobastler verfügen aber über ein Röhrenprüfgerät, um diese Frage einwandfrei zu beantworten. Hier gibt es eine einfache Methode, die auch dem Bastler, der nur über ein Meßinstrument verfügt, die Möglichkeit gibt, seine Röhren behelfsmäßig auf Elektrodenschlüsse und Emmission zu prüfen.

Der Grundgedanke dieser Methode, die auch sehr gut für einen Radiotechniker im Außendienst geeignet ist, ist die Messung des Uebergangswiderstandes der einzelnen Elektroden im geheizten Zustand.

Zur Messung ist nur ein Ohmmeter oder ein mit ein bis zwei Taschenlampenbatterien in Serie geschaltetes Milliamperemeter (Vorwiderstand nicht vergessen) erforderlich.

Nun der Vorgang der Messung: Zuerst wird der Heizfaden auf Durchgang geprüft. Dann verbinden wir die einzelnen Elektroden (Anode, Gitter usw.) der Röhre über das Ohmmeter und stellen fest, ob die Röhre keinen Elektrodenschluß hat (z. B. Gitter-Kathodenschluß usw.). Damit ist die Vorprüfung beendet.

Bei der Hauptprüfung wird nun die Röhre mit ihrer richtigen Spannung geheizt. Diese wird aus einem Heiztrafo oder einer Batterie (Auto-Akku usw.) entnommen. Im geheizten Zustande wird nun mit dem Ohmmeter der Gleichstromwiderstand der einzelnen Gitter und der Anode gegen Kathode gemessen. Die zwischen dem zu messenden Gitter und der Kathode liegenden Elektroden müssen, zur Vermeidung von Aufladungen und Meßfehlern, mit der Kathode verbunden werden. Der gemessene Widerstand stimmt selbstverständlich nicht mit dem in den Röhrentabellen angegebenen Innenwiderstand Ri überein, da Ri ja der Wechselstromwiderstand der Röhre ist. Auf richtige Polarität des Ohmmeters (Minuspol an Kathode) ist unbedingt zu achten.

Zeigt das Ohmmeter den Ausschlag 0, so hat die betreffende Elektrode im geheizten Zustand Kathodenschluß. Zeigt das Instrument den Wert unendlich (es fließt kein Strom), so liegt eine Unterbrechung vor (Sockelkontakt) oder die Röhre ist vollkommen taub.

Da die Widerstandsmessung im Prinzip die Messung des durch die Batteriespannung bedingten Elektronenstromes ist, kann die Größe des Instrumentenausschlages zur Beurteilung der Emissionsfähigkeit der Röhre herangezogen werden. Um Vergleichswerte zu erhalten, ist es günstig, immer mit der gleichen Batteriespannung (4 oder 8 Volt) zu arbeiten. Bei umschaltbaren Ohmmetern verwendet man immer nur einen Bereich, da durch die Bereichumschaltung auch die Anodenspannung verändert wird.

Wenn man mit dieser Art Messung auch nicht die Daten der einzelnen Röhren messen kann, so ist es doch möglich, einwandfrei festzustellen, ob die Röhre noch verwendungsfähig ist.

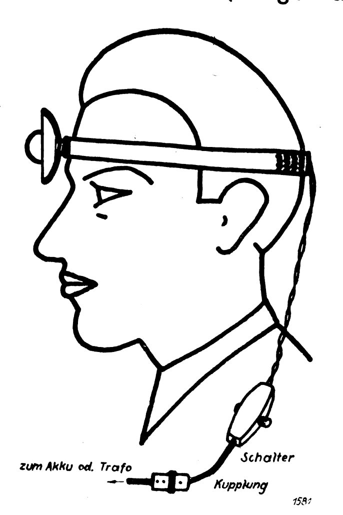
Bei Verwendung einer Batteriespannung von 8 Volt, einem Meßinstrument mit 1 mA Endausschlag und einem Vorwiderstand von 8000 Ohm zeigt eine gute Gleichrichterröhre je System einen Widerstand von ungefähr 1400 bis 2400 Ohm. Verbrauchte Röhren derselben Type hatten jedoch 16.000 bis 24.000 Ohm je System (also ungefähr das Zehnfache). Der Widerstand von Trioden und Pentoden zwischen Gitter 1 und Kathode liegt in den meisten Fällen zwischen 500 und 1500 Ohm. Es sind absichtlich keine genauen Werte angegeben, da diese ja stark durch das verwendete Instrument schwanken.

H. Gebhart.

Schone dein Augenlicht.

Wieviel Aerger hatten schon viele Rundfunkbastler, wenn ihnen ihre Beleuchtung nicht dort hinstrahlt, wo sie eben gerade Licht benötigen. Abhilfe schafft eine Stirnlampe, die sich jeder selbst anfertigen kann. Aus der Abbildung ist eigentlich schon alles ersichtlich.

Um jede Gefährdung auszuschließen, verwendet man zu diesem Zwecke natürlich nur Niederspannungslampen, wie sie etwa in Motorrad- bzw. Autoscheinwerfern, oder wenn diese nicht vorhanden sind, in Taschenlampen Verwendung finden. Zur Speisung der Lampen eignet sich gut ein passender Trafo (Klingeltrafo) oder man



verwendet hiezu einen Akku. Die Stromverbindung stellt man mit biegsamem Draht unter Verwendung eines Kupplungsstückes her, um beim kurzzeitigen Verlassen des Arbeitsplatzes das unliebsame Lösen der Anschlußschnur von der Stromquelle zu vermeiden. Bei Akkubetrieb ist es günstig, einen Schalter anzubringen. Das Band, an dem die Lampenfassung befestigt ist, kann ein gewöhnliches Stoffband sein, welches rückwärts durch ein kurzes Gummiband unterbrochen wird. Die Zuleitung wird auf das Band genäht.

Ing. Sepp Krammer, Mauerkirchen.

„Drehknöpfe — Mangelware."

Oft und oft brauchen wir drei oder gar vier Drehknöpfe. Manchmal hat man sie sogar. Aber: einen sechskantigen, einen achtkantigen, einen runden, nie jedoch vier gleiche. Die eleganteste Seite, die Vorderfront unseres mit Liebe gebauten Gerätes ist nicht repräsentationsfähig.

Wie leicht ist dem abzuhelfen. Ich habe beim Anblick einer Schraubverschlußflasche den sonderbar naheliegenden Gedanken gehabt, daß dieser Schraubverschluß ein ganz netter Abstimmknopf wäre, wenn er nur auf der Achse eines Drehkondensators oder eines Potentiometers usw. angebracht werden könnte. Es fiel mir nicht schwer, Schraubverschlußfläschchen aufzutreiben. Die liegen ja im Mülleimer usw. herum. Meistens sind sie sogar im Haushalt zu finden.

Ich schnitzte mir nun aus Hartholz eine Scheibe, bohrte mit einem 7-mm-Bohrer genau in die Mitte ein Loch und drehte den Schraubverschluß auf die Scheibe. Damit dieser festsitzt, wurden die Berührungsflächen mit Klebstoff bestrichen. Senkrecht zum 7-mm-Loch wird noch ein zirka 1—2 mm großes Loch gebohrt, einer Holzschraube der Kopf abgeschnitten und mit einer Metallaubsäge oder kleinen Feile eine kleine Nut geschnitten bzw. gefeilt. Diese so gewonnene „Holzschrauben-Wurmschraube" dient zur Befestigung des nun fertigen Knopfes auf der Achse.

A. Höllermann, Lenzing.

ELEKTROKURS
für den Anfänger

7. Fortsetzung.

„das elektron" stellt allen seinen Lesern, die den „Elektrokurs für Anfänger" durcharbeiten und sich nach Abschluß einer erfolgreichen Prüfung unterziehen, ein diesbezügliches Diplom aus. Nähere Bestimmungen werden nach Abschluß des Kurses, der mit Heft 12/47 beendet wird, veröffentlicht.

Versuchen wir aber nun die genaue rechnerische Behandlung der Parallelschaltung von Widerständen.

Machen wir dazu einen kleinen Ausflug in das Reich der Mathematik. Haben Sie aber bitte keine Angst, es wird auch hier nur mit Wasser gekocht und wir werden es so einfach wie nur möglich machen.

Wir stellen uns 2 parallel geschaltete Widerstände R_1 und R_2 vor und haben die Aufgabe, deren Gesamtwiderstand zu berechnen.

R_1 und R_2 ist bekannt.
$R_g = ?$

Nun wissen wir ja aus dem ohm'schen Gesetz (das können wir ja schon wirklich ganz einwandfrei), daß R immer gleich U / J ist. R_g ist also gleich U_g / J_g. Die Schaltung zeigt uns nun ganz deutlich, daß J_g sich in J_1 und J_2 teilt. Wir brauchen also nur J_1 und J_2 laut ohm'schen Gesetz auszurechnen und dann zusammenzuzählen.

Mathematisch heißt das:

$$J_g = J_1 + J_2$$

J_1 ist nun wieder U_g / R_1 $\left(J_1 = \frac{U_g}{R_1}\right)$

und dementsprechend auch

$J_2 = U_g / R_2$

Da J_g die Summe von J_1 und J_2 ist, so errechnen wir es zu:

$$J_g = \frac{U_g}{R_1} + \frac{U_g}{R_2}$$

Als letzten Schritt brauchen wir nur, da wir ja wissen, daß J_g auch U_g / R_g ist, auf der linken Seite unserer Gleichung J_g durch U_g / R_g zu ersetzen.

Das schaut dann so aus:

$$\frac{U_g}{R_g} = \frac{U_g}{R_1} + \frac{U_g}{R_2}$$

Diese Gleichung kann man auch anders schreiben:

$$\frac{U_g}{R_g} = U_g \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Das ist leicht einzusehen, wenn wir versuchen, U_g in die Klammer hineinzumultiplizieren. Das Ergebnis ist dann wieder die alte Gleichung.

So — und nun kommt als letzter Schritt die Kürzung der Gleichung durch U_g. Es ist eine alte Tatsache, daß man eine Waage im Gleichgewicht hält, wenn man auf beiden Seiten die gleichen Gewichtsmengen wegnimmt oder zugibt. Mit unserer Gleichung, die ja nichts anderes als eine mathematische Waage darstellt, kann man nun genau so verfahren, wenn man auf beiden Seiten die gleichen Rechenoperationen vornimmt.

Dividieren wir nun unsere Gleichung auf beiden Seiten durch U_g, so erhalten wir, da U_g / U_g selbstverständlich eins ist, folgendes Ergebnis:

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Diese Formel gibt uns nun schon (oder erst, wie man es halt nimmt) die Möglichkeit, den Gesamtwiderstand zweier paralleler Widerstände zu berechnen.

Hier gleich ein Beispiel:

R_1 100 Ohm
R_2 400 Ohm
R_g ?

In unsere Formel eingesetzt ergibt das:

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{100} + \frac{1}{400}$$

Rechts auf gleichen Nenner gebracht:

$$\frac{1}{R_g} = \frac{4+1}{400} = \frac{5}{400}$$

Da $1 / R_g$ der Reziprokwert ist, müssen wir nun unseren gefundenen Bruch umdrehen und erhalten

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Das ist nun die Endformel, mit der wir immer arbeiten.

Versuchen wir gleich einmal unser Beispiel auszurechnen:

$R_1 = 100$ Ohm
$R_2 = 400$ Ohm
$R_g = ?$

$$R_g = \frac{100 \cdot 400}{100 + 400} = \frac{40000}{500} = 80 \text{ Ohm}$$

So geht das schon wesentlich einfacher.

Was ist aber nun, wenn man mehr als zwei Widerstände parallel zu schalten hat? Zur Not könnten wir uns dann so helfen, daß wir immer zwei und zwei Widerstände rechnerisch zusammenschalten und mit dem Resultat ebenso verfahren, bis wir das Endresultat erhalten haben. Schön ist diese Lösung nicht. Wir geben daher eine allgemeingültige Formel an, die nichts anderes als eine Erweiterung unserer ersten, komplizierteren Gleichung darstellt.

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots\cdots \frac{1}{R_n}$$

Die Punkte deuten an, daß das immer in der gleichen Reihenfolge fortgesetzt werden kann. Es würde also nach $1 / R_3$, $1 / R_4$, $1 / R_5$ usw. folgen. R_n ist dann

der letzte der parallel zu schaltenden Widerstände. Will man z. B. 27 Widerstände parallelschalten, so ist R_n gleich R_{27}.

Die Formel abzuleiten, ist absolut nicht schwer, aber dafür langweilig. Wir wollen es uns daher ersparen.

So, nun aber noch schnell zwei besondere Fälle der Parallelschaltung.

1. Zwei gleiche Widerstände:

z. B.: R_1 100 Ohm
R_2 100 Ohm
R_g ?

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 100}{200} = \frac{10000}{200} = 50 \text{ Ohm}$$

Ergebnis:

Der Gesamtwiderstand zweier gleicher parallelgeschalteter Widerstände ist der halbe Einzelwiderstand.

Das ist sehr wichtig zu wissen.

2. Parallelschaltung drei oder mehrerer gleicher Widerstände: z. B.:

R_1 100 Ohm
R_2 100 Ohm
R_3 100 Ohm
R_g ?

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{3}{100}$$

$$R_g = \frac{100}{3} = 33{,}3 \text{ Ohm}$$

Ergebnis:

Der Gesamtwiderstand dreier gleicher parallelgeschalteter Widerstände ist ein Drittel, bei vier gleichen Widerständen ein Viertel, bei fünf ein Fünftel usw. des Einzelwiderstandes.

Zum Abschluß des Kapitels über die Parallelschaltung von Widerständen einige Aufgaben. Die Lösungen erscheinen dann im nächsten Heft.

1. $R_1 = 230$ Ohm
$R_2 = 70$ Ohm
$R_g = ?$

2. An eine Gesamtspannung von 125 Volt sollen 3 Röhren RV 12 P 2000 (U_h 12,6 Volt, J_h 0,075 Amp.) in Serie geschaltet werden. Außerdem soll im gleichen Heizkreis eine U B L 21 (U_h 55 Volt, I_h 0,1 Amp.) Verwendung finden. Wie groß ist der Vorwiderstand und wie groß ist der Parallelwiderstand (Shunt) der zur Vernichtung der überflüssigen 0,025 Amp. dient? Wie groß ist der Gesamtwiderstandswert der drei in Serie geschalteten RV 12 P 2000 plus Shunt? Wieviel Watt werden im gesamten Heizkreis verbraucht?

3. Zwei Kocher mit einem Verbrauch von 600 Watt werden parallel an ein 125-Volt-Netz geschaltet. Wie groß ist ihr Gesamtwiderstand?

Wenn man viel mit mehreren parallelgeschalteten Widerständen zu rechnen hat, so arbeitet man am besten mit den „Leitwerten". Was ist denn das schon wieder?

Der Leitwert ist der Kehrwert (Reziprokwert) des Widerstandes. Haben wir z. B. einen Widerstand von 10 Ohm, so ist dessen Leitwert $^1/_{10}$. Bei einem Widerstand von 25 Ohm ist der Leitwert $^1/_{25}$. Das ist doch nicht schwer. Welche Dimension hat nun aber der Leitwert? Wenn wir den Widerstand in Ohm angeben, so müssen wir doch auch dem Leitwert irgend eine Bezeichnung geben. Früher war es üblich, diesen in MHO anzugeben. MHO ist ja nichts anderes wie die verkehrte Schreibweise von OHM. Eigentlich logisch; dreht man den Widerstandswert um, so dreht man auch dessen Dimensionsangabe um. Aus OHM werden dementsprechend MHO. Diese Bezeichnung konnte sich aber nicht durchsetzen und man bezeichnet heute die Einheit des Leitwertes (1 / Ohm) nach dem berühmten deutschen Erfinder mit „Siemens".

Bei einem Widerstand von, sagen wir 37 Ohm, ist dementsprechend der Leitwert $^1/_{37}$ Siemens.

Wozu nun eigentlich der Begriff des Leitwertes? Die Formel für die Parallelschaltung beliebig vieler Widerstände lautete doch:

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots\cdots \frac{1}{R_n}$$

Wenn wir da jetzt den Begriff des Leitwertes einführen (der Leitwert hat das Kurzzeichen G), so erhalten wir:

$$G_g = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots\ldots G_n$$

In Worten ausgedrückt heißt das, daß bei der Parallelschaltung von Widerständen der Gesamtleitwert die Summe der Einzelleitwerte ist.

Bei der Betrachtung der Zusammenschaltung von Widerständen haben wir ganz beliebig eine Stromrichtung angenommen und dann dementsprechend die Folgerungen betrachtet. Es ist ja grundsätzlich gleich, in welcher Richtung wir den Stromfluß annehmen. Es ändert sich ja dadurch prinzipiell nichts. Es wäre aber doch sicherlich günstig, wenn man auf der ganzen Welt die Stromrichtung den tatsächlichen Vorgängen entsprechend, annehmen würde. Hier ist aber die Technik der Wissenschaft vorgekommen. Bevor man noch das Wesen der Elektronen erkannte, war man durch die rasche Entwicklung der Anwendungsmöglichkeiten des elektrischen Stromes gezwungen, die Pole von Stromquellen zu bezeichnen und die Stromrichtung willkürlich festzusetzen. Man bezeichnete den einen Pol mit plus (+), den anderen mit minus (—) und legte, sozusagen durch Kompaniebefehl fest, daß nun der Strom von plus nach minus zu fließen hat.

Die Wissenschaft stellte erst später fest, daß der Pluspol der Pol mit der geringeren Elektronenanhäufung und der Minuspol der Pol mit Elektronenüberfluß ist. Strom kann natürlich nur von einem Punkt höheren Potentials (Elektronenanhäufung) zu einem Punkt niederen Potentials (Elektronenmangel) fließen. Der wirkliche Stromfluß ist dementsprechend der angenommenen Stromrichtung genau entgegengesetzt.

Es wäre ja nun ohneweiteres möglich, die Stromrichtung in der ganzen Elektrotechnik einheitlich und richtig von minus nach plus anzunehmen.

Dem steht aber entgegen, daß alle starkstromtechnischen Geräte noch nach der technischen Stromrichtung (plus nach minus) bezeichnet sind. Eine derartige Umstellung ist also nicht so leicht durchzuführen, sie wäre vielleicht mit der Umstellung der Fahrtrichtung von Links- auf Rechtsfahren zu vergleichen.

Es ist naturgemäß, daß die Beschäftigung mit der Flußrichtung des elektrischen Stromes meistens noch mehr verwirrt als aufklärt. Es wird daher gut sein, sich die nachfolgenden Punkte wirklich einzuprägen, um in Hinkunft Verwechslungen nach Möglichkeit zu vermeiden.

I. Minuspol, Ansammlung negativer Teilchen, Elektronenüberfluß.
Pluspol, Elektronenmangel;

II. Technische Stromrichtung (angenommen, der Wirklichkeit nicht entsprechend): von plus nach minus.

III. Wirkliche Stromrichtung von minus (Elektronenüberfluß) nach plus (Elektronenmangel).

Wir verwenden bei unseren Erklärungen die wirkliche Stromrichtung, da diese am anschaulichsten ist. Dies wird bei Betrachtung der Elektronenröhre am deutlichsten. Aus der Kathode treten Elektronen aus und dementsprechend fließt der Strom auch wirklich von der Kathode zur Anode.

*

Berichtigung:

Im Elektrokurs für den Anfänger 4. Fortsetzung, Heft 4/5, Seite 109, ist in der rechten Spalte, beim Beginn des 3. Absatzes ein sinnstörender Druckfehler unterlaufen. Es heißt hier: Wenn man nun den sog. spezifischen Widerstand durch 1 dividiert, so erhält man den sogenannten „spezifischen Leitwert". Es soll selbstverständlich richtig heißen: „Wenn man nun 1 durch den sog. spezifischen Widerstand dividiert, so...." Denn eine Division durch 1 ändert ja nicht den Wert einer Größe.

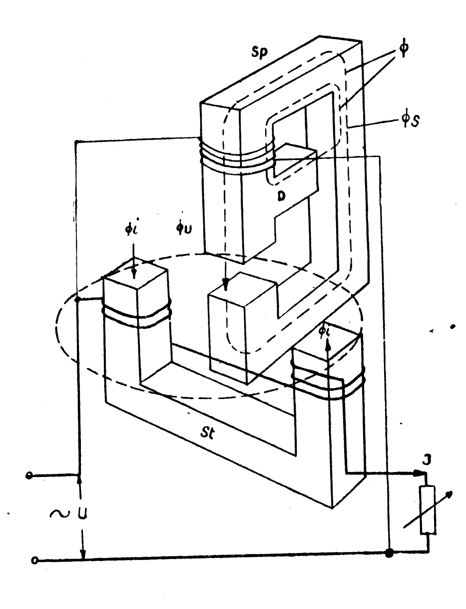
Bauanleitung „das elektron“:

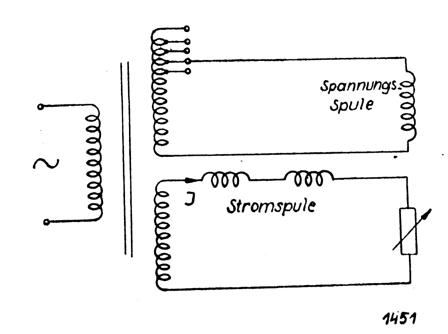
Anfertigung eines Wattmeters aus einem Wechselstromzähler

Viele Fehler an Rundfunkempfängern lassen sich, ohne den Empfänger auszubauen, auf Grund der Leistungsaufnahme feststellen.[1]) Zur exakten Messung der Leistung, sowie zu zahlreichen anderen Messungen, wie Untersuchungen von Transformatoren, cos φ - Bestimmung usw., ist der Besitz eines Wattmeters sehr günstig. Aus einem ausgedienten Wechselstromzähler (Wirbelstrom- o. Ferraris-System) läßt sich mit etwas Geschick leicht ein brauchbares Instrument herstellen.

Die Leistung im Wechselstromkreis hängt von der Größe der Spannung und von der Größe des Stromes, sowie von der Größe des zwischen Strom und Spannung bestehenden Phasenverschiebung ab. N = U . J . cos φ. Der cos φ ist ein Faktor zwischen 0 und 1, der sich aus der Größe der Phasenverschiebung, d. h. aus der Größe des Zeitunterschiedes zwischen den Augenblicken, in denen Strom und Spannung ihre Höchstwerte erreichen, ergibt. Erreichen Strom und Spannung im gleichen Augenblick ihren Höchstwert, so ist die Leistung ein Maximum, der cos φ daher 1. (Reine Wirklast, ohmscher Widerstand.) Erreicht der Strom seinen Höchstwert in dem Augenblick, in dem die Spannung gerade null ist, so ist der Strom wieder null, wenn die Spannung ihren Höchstwert erreicht. Die Augenblicksleistung ist in beiden Fällen null, daher die gesamte Leistung ebenfalls null. Der cos φ muß daher auch null sein. (Reine Blindlast, Drossel oder Kondensator.) Zwischen diesen beiden Extremwerten gibt es Zwischenstellungen, die durch gemischte Belastung (ohmscher Widerstand und Drossel oder ohmscher Widerstand und Kondensator) hervorgerufen werden. Ein Motor, der ja auch die zur Magnetisierung erforderliche Blindleistung aufnimmt, hat einen cos φ von etwa 0,9 ... 0,5, je nach Bauart und Belastung.

Bild 1 zeigt den Aufbau eines Ferraris- oder Wirbelstromzählers. Zwischen zwei Magnet - Systemen, eines wird durch den Verbraucherstrom erregt, es ist also „stromabhängig“, das andere ist, da seine Spule an Spannung liegt, „spannungsabhängig“, befindet sich eine drehbar angeordnete Aluminiumscheibe. Die Aluminiumscheibe, die von den Magnetfeldern durchflutet ist, wirkt, sie ist ja elektrisch leitend, wie die kurzgeschlossene Wicklung eines Transformators. In der AZ-Scheibe werden daher Wirbelströme fließen. Durch ein Joch J (magnetischer Nebenschluß[2]) wird ein Streufluß erreicht, der zur Folge hat, daß zwischen den Wechselfeldern Φ_i (hervorgerufen durch den Strom) und Φ_u (hervorgerufen durch die Spannung) eine Phasenverschiebung v. 90 Grad besteht; d. h. in dem Augenblick, in dem Φ_u seinen Höchstwert erreicht hat, ist Φ_i gleich null, und in dem Augenblick, in dem Φ_i seinen Höchstwert erreicht hat, ist wieder Φ_u gleich null. Der von dem Feld Φ_u der Spannungsspule hervorgerufene Wirbelstrom Jwu — er. ist ein reiner Blindstrom, wenn wir von dem geringen ohmschen Widerstand in der Scheibe absehen — ist als Blindstrom zu dem ihn erzeugenden Feld Φ_u um 90° phasenverschoben. Er erreicht dann sein Maximum, wenn das ihn erzeugende Feld Φ_u null ist. In diesem Augenblick hat aber nach dem oben Gesagten das von der Stromspule erzeugte Feld Φ_i sein Maximum erreicht. Durch die sich in dem Feld Φ_i befindende stromdurchflossene Leiterschleife — ein Wirbelstrom kann als solche aufgefaßt werden — muß nach dem Motorprinzip eine Kraft hervorgerufen werden.





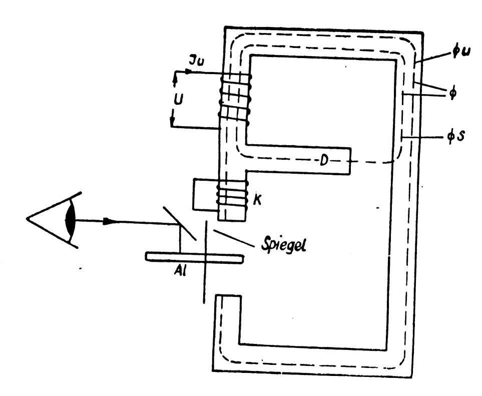
Oben: Bild 1 — Unten: Bild 2

Die Scheibe wird sich drehen. Dieselbe Ueberlegung läßt sich für den Augenblick anstellen, in dem das vom Strom durchflossene Feld null ist. In diesem Augenblick erreicht gerade der durch dieses Feld hervorgerufene (u. als Blindstrom nacheilende) Wirbelstrom J_{wi} ebenso das spannungsabhängige Feld Φ_u sein Maximum. Die Drehkraft eines Motors errechnet sich aus dem Produkt aus Ankerstrom (Wirbelstrom) und Statorfeld. Wirbelstrom und Magnetfeld sind aber proportional der Netzspannung und Netzstrom (Verbraucherstrom). Daher ist die Drehkraft der Scheibe proportional dem Produkt aus Netzspannung mal Verbraucherstrom (U . J) oder proportional der vom Verbraucher aufgenommenen Leistung. Dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, daß durch den magnetischen Nebenschluß eine genaue Phasenverschiebung von 90 Grad zwischen den beiden Feldern erreicht wird. Aendert sich dadurch, daß der Verbraucher Blindleistung aufnimmt, die Phasenlage des Verbraucherstroms zur Netzspannung, so ändert sich auch entsprechend die Phasenlage des vom Verbraucherstrom hervorgerufenen Feldes Φ_i d. h. die Drehkraft der Scheibe ist auch von cos φ, daher auch bei gemischter Belastung von der vom Verbraucher aufgenommenen Leistung (N = U . J . cos φ) abhängig.

Wir brauchen daher nur mehr eine Einrichtung, mit der wir die Drehkraft der Scheibe messen können. Bauen wir die Unruhefeder einer Weckeruhr nach Bild 5 ein, so wird sie sich beim Drehen der Scheibe spannen und mit immer größerer Kraft die Drehung hemmen. Sobald die Scheibe zum Stillstand gekommen ist, wird die Drehkraft der Scheibe gleich der Federkraft sein. Der Drehwinkel der Scheibe, den wir über zwei Kegelräder auf der direkt in Watt geeichten Skala ablesen können, ist ein Maß für die Drehkraft und damit für die Leistung. Haben wir keine Kegelräder zur Verfügung, so können wir, was wesentlich einfacher ist, die Skala auf die Al-Scheibe aufkleben. Abgelesen wird mit Hilfe eines unter 45 stehenden Spiegels, der auch den Ablesestrich trägt. Die Skala muß dann natürlich in Spiegelschrift beziffert werden. (siehe Bild 3). Statt der Unruhefeder können wir auch eine Blattfeder verwenden. An der Achse der Scheibe befestigen wir das eine Ende eines sehr dünnen schmiegsamen Fadens. Das andere Ende wird an der Blatt- (oder Zugfeder) befestigt. Dreht sich die Scheibe, so wird der Faden auf der Achse aufgewickelt und spannt die Feder. Die Stärke der Feder muß so gewählt werden, daß der gesamte Meßbereich

[1]) Siehe „das elektron“ Fehler suchen - Fehler finden Heft 6, Seite 124.

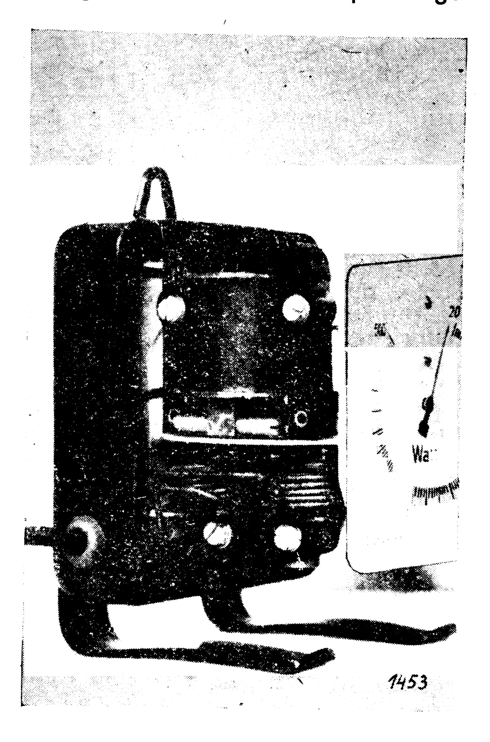
[2]) Bei manchen Typen wird außerdem eine kurzgeschlossene Sekundärwicklung verwendet.

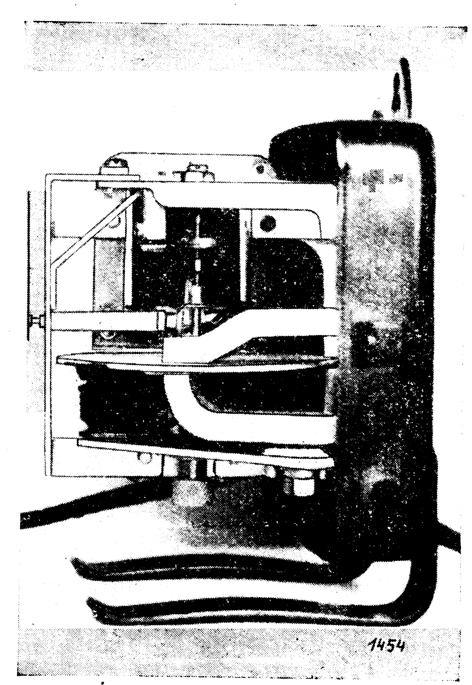


innerhalb einer Scheibenumdrehung liegt. Zur Einstellung des Nullpunktes machen wir das andere Ende der Feder durch eine Schraube verstellbar. Den Bremsmagnet lassen wir zur Dämpfung des Instrumentes eingebaut.

Die größte zu messende Leistung ergibt sich aus der verwendeten Zählertype. Aus dem Leistungsschild entnehmen wir die größte Stromstärke für die die Stromspule gebaut ist. Da die Stromspule meistens zweiteilig ausgeführt wird, die beiden Spulen sind in Serie geschaltet, können wir durch Parallelschalten den doppelten Strombereich erzielen. Eventuell können wir die Spulen umschaltbar machen und erhalten so zwei Meßbereiche. Zur Erhöhung des Spannungsbereiches können wir — der Meßbereich für den die Spule gebaut ist, wieder dem Leistungsschild zu entnehmen — einen Vorwiderstand anbringen. (Achtung! Dadurch wird die Phasenlage verändert! Nachstellung erforderlich.) Die größte zu messende Leistung errechnet sich aus $U_{max.} \cdot J_{max.}$

Zum E i c h e n des Gerätes brauchen wir ein Ampere- und ein Voltmeter. Durch ändern eines Belastungswiderstandes stellen wir den maximalen Strom ein. Die Spannungsspule legen wir an die maximale Spannung. Nunmehr gleichen wir die Federstärke so ab, daß die Zählerscheibe sich beim Einschalten der vollen Belastung um eine ganze Umdrehung dreht. Bei Verwendung einer Flachfeder brauchen wir diese nur mehr oder weniger lang aus der Klemmeinrichtung herausragen lassen. Längere Federn biegen sich leichter als kürzere, geben daher eine kleinere Gegenkraft und somit größeren Drehwinkel. Ebenso können wir durch Verlängern oder Verkürzen die Einstellung bei Spiralfedern oder bei Verwendung der Unruhefeder vornehmen. Zur Ablesung des Verdrehungswinkels bringen wir eine beliebig (in Grad) geteilte Skala an. Um nicht ständig durch die angeschlossene Belastung große Energiemengen vernichten zu müssen, können wir durch eine besondere Eichschaltung das Wattmeter „beschwindeln". (Siehe Bild 2 unten.) Die Stromspule liegt an der Heizwicklung eines Netztransformators. Mit Hilfe des kleinen Belastungswiderstandes stellen wir die erforderliche Stromstärke ein. Da die Heizwicklung nur einen geringen Spannungswert hat, brauchen wir im Belastungswiderstand auch nur wenig Energie vernichten. Die Spannungsspule legen wir an eine andere Wicklung, die die notwendige Spannung (220 Volt) abgibt. Zur Regulierung dürfen wir keinen verstellbaren Vorwiderstand verwenden, da wir durch diesen eine Aenderung der Phasenlage hervorrufen und somit das Wattmeter falsch zeigt. Wollen wir das gebaute Gerät auch bei verschiedenen Spannungen überprüfen, so müssen wir es an verschiedene Anzapfungen der „Spannungswicklung" anschließen. Das Wattmeter, das ja nicht weiß, daß Strom und Spannung nicht zusammengehören, zeigt eine Leistung $N = U \cdot J$ an ($\cos = 1$, da rein ohmsche Belastung). Haben wir den Punkt der vollen Belastung und den Null-Punkt auf der Skala festgehalten, so unterteilen wir diese gleichmäßig. Durch Einstellen verschiedener Belastungen kontrollieren wir die einzelnen Skalen-Punkte, die wir, wenn notwendig, berichtigen. Steht uns ein geeichtes Wattmeter zur Kontrolle zur Verfügung, so können wir die Ueberprüfung auch auf induktive und kapazitive Belastung ausdehnen. Dif.





Oben links: Bild 3 — Unten mitte: Bild 4 (Press-Foto: Grüll, Linz) — Oben rechts: Bild 5

Forts. von Seite 161: **Ein Jahr „das elektron"**

Arbeiten Sie mit an „Ihrer" Zeitschrift, senden Sie uns Beiträge und Ratschläge aus Theorie und Praxis. Wir sind Ihnen im Namen unserer Leser dankbar.

Unser Beitrag in dieser Zeit kann nur sein, noch besser und noch reichhaltiger zu werden. Wir werden uns bemühen, nach Möglichkeit nicht mehr als Doppelnummer*) zu erscheinen, um Ihnen die Anschaffung zu erleichtern.

„das elektron" will Ihr Wissen vermehren.
„das elektron" will Sie über alle Neuerungen unterrichten.
„das elektron" will Ihnen im Berufskampf behilflich sein.
„das elektron" ist und bleibt Ihr *Freund und Ratgeber.*

Der Herausgeber.

*) Das vorliegende Heft 8/9 soll das letzte Doppelheft sein. Unvorhergehene Schwierigkeiten können sich allerdings einstellen.

Wir haben gelesen

In das Zauberreich der Rundfunktechnik führt in meisterhafter Weise das Buch eines der ersten österreichischen Fachleute, des Chef-Ing. J. Sliskovic **„Geheimnisse der Radiowelle"**. Das ist ein Buch ganz nach unserer Art. Leicht faßlich und doch wissenschaftlich einwandfrei wird hier — vom Aufbau des Atoms bis zum modernen Super — einführend die Radiotechnik behandelt. Das Büchlein ist im „Oesterreichischen Bundesverlag" erschienen und kann allen, die eine erste Einführung in die Radiotechnik durchlesen und durcharbeiten wollen, wärmstens empfohlen werden. Wenn das genannte Buch dem Aufbau der Materie, dem kleinen Umfang und der anderen Zielsetzung wegen, nur eine knappe Seite widmet, so behandelt das im Springer-Verlag erschienene Buch **„Atome und Strahlen"** von Gustav Ortner dieses Thema natürlich wesentlich ausführlicher. Dieses Buch ist aus Vorträgen entstanden, die der Verfasser bei verschiedenen Gelegenheiten vor Hörern gehalten hat, bei denen nicht mehr als eine naturwissenschaftliche Mittelschulbildung vorausgesetzt werden konnte. Besonders interessant sind die darin enthaltenen Nebelkammeraufnahmen. Begrüßenswert ist der Versuch des „Ingenieurbüros für Hoch- und Niederfrequenztechnik in Wien", eine **„Formelsammlung der Schwachstromtechnik"** herauszubringen. Diese Heftchen, die die wichtigsten Formeln übersichtlich zusammengestellt bringen, sind im Rotaprintverfahren hergestellt und gliedern sich in fünf Teile: 1. Mathematik, 2. Allgemeine Elektrotechnik, 3. Grundlage der Schwachstromtechnik, 4. Hochfrequenztechnik, 5. Niederfrequenztechnik. Ein sechster Ergänzungsteil, der die sehr wichtigen Zylinderfunktionen bringen soll, ist noch geplant. Die Hefte stellen einen wichtigen Arbeitsbehelf für den konstruktiv tätigen Techniker dar. Die Alleinauslieferung hat die Buchhandlung J. Müller, Wien VIII. Eine weitere, allerdings nur **„Mathematische Formelsammlung für Mittelschule und Hochschule"** ist im Verlag Leuschner & Lubensky, Graz, erschienen. Gehen wir aber wieder auf das Gebiet der Radiotechnik über. Da ist im Universum-Verlag, Wien, von Steinbrecher-Zemanek das Büchlein **„Rundfunkschaltungen mit einer Röhrentype"** erschienen. Das Büchlein behandelt in umfassender Weise die Verwendung der Wehrmachtsuniversalpentode RV 12 P 2000. Unübersichtlich sind unseres Erachtens nur die eigentümlich gezeichneten Schaltungen. Wer einmal mit der RV 12 P 2000 gearbeitet hat, kennt die Sockelschaltung und benötigt nicht die Eselsbrücke der merkwürdig gezeichneten Röhre mit Sockelanschlüssen. Im gleichen Verlag ist ebenfalls von Ernst Steinbrecher das Büchlein **„Was ist Radar?"** erschienen. Es gibt einen einfachen und anschaulichen Ueberblick über diese interessante Kriegserfindung, die auch für die Friedenszeit von größter Bedeutung ist. Für den englisch-sprechenden Leser möchten wir das im Verlag Pitman & Sons, London, erschienene Buch **„Electrical and Wireless Equipment of Aircraft"** erwähnen. Dieses Werk gibt neben einer Einführung in die Elektrotechnik ein einwandfreies und interessantes Bild der Entwicklung der elektrischen und radiotechnischen Flugzeugausrüstung in England. Wer schließlich die französische Sprache beherrscht, dem sei das Studium der beiden ausgezeichneten Bücher **„Theorie et practique des ondes courtes"** von Robert Aschen und **„Les applications modernes de l'électricité"** von Maurice Lorach empfohlen. Während Robert Aschen Theorie und Praxis der Kurzwellen mit vielen Schaltungsbeispielen behandelt, bringt das Buch von Marice Lorach alle neuzeitlichen Anwendungen der Elektrizität. Beide Bücher sind im Verlag L. E. P. S. 21, Rue des Jeûneurs, Paris 2, erschienen. Ing. H. K.

Sender Frankfurt auf 60 kW verstärkt

Der auf 60 kW verstärkte Sender Frankfurt (bisher 15 kW) wurde am 23. August, 20.15 MSZ, feierlich in Betrieb genommen. Die Welle bleibt unverändert 251 m (1195 kHz). Der verstärkte Sender ist auch bei uns in den Abendstunden gut zu empfangen.

Einfache Methode zur Berechnung von NF-Transformatoren

Mehr denn je ist der Bastler heutzutage gezwungen, auf alte Vorräte in der „Bastelkiste" zurückzugreifen und sich die benötigten Uebertrager durch Neuwickeln alter, ausgeschiedener Stücke selbst herzustellen. Um die Berechnungen der dazu notwendigen Daten übersichtlich zu gestalten, wurden die Unterlagen an Hand eines Berechnungsbeispieles zusammengestellt.

Uebersicht.

I. Grundsätzliches über Anpassung.
II. Der Leistungs- oder Ausgangstransformator.
  A. Der günstigste Außenwiderstand zur Leistungsabgabe.
  B. Die Aufgabe des Ausgangstransformators.
  C. Bestimmung der Primärinduktivität.
  D. Abmessungen d. Eisenkerns, Luftspalt, Windungszahl und Drahtdurchmesser.
  E. Berechnungsgang eines Ausgangsübertragers an Hand eines Beispieles.
III. Der Spannungs-, Eingangs- od. Kopplungsübertrager.
  A. Grundsätzliches über Spannungsübertrager.
  B. Berechnungsgang an Hand eines Beispieles.

I. Grundsätzliches über Anpassung.

Eine durch einen Außenwiderstand belastete Röhre kann mit dem etwa durch einen Kocher belasteten Generator eines E-Werkes verglichen werden. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings. Bei der Dimension des Generators und des Belastungswiderstandes (Kocher) muß, im Hinblick auf die anderen Verbraucher, auf konstante Spannung und auf günstigsten Wirkungsgrad Rücksicht genommen werden. Da die Röhre nur durch einen Verbraucher (Ausgangswiderstand) belastet ist, kann dieser, ohne Rücksicht auf Spannung und Wirkungsgrad, so gewählt werden, daß man entweder größte Ausgangsspannung, größten Anodenstrom oder größte Ausgangsleistung erzielt. Anderseits wird die Wahl des Außenwiderstandes von der Forderung nach kleinstem Verzerrungsgrad sowie von den konstruktiven Möglichkeiten bestimmt. Diesem zum Teil entgegenstehenden Forderungen ist der Wert des Außenwiderstandes anzupassen. Der günstigste Wert — eine Kompromiß — heißt Optimalwert oder Optimum ($R_{a\ opt.}$ vergl. Größtwert = Maximum, Kleinstwert = Minimum). Man unterscheidet Strom-, Spannungs- und Leistungsanpassung, je nach dem, ob man die günstigsten Verhältnisse für den Anodenstrom, die Ausgangsspannung oder die abgegebene Leistung erzielen will. Während man am Ausgang der einzelnen Verstärkerstufen, zur leistungslosen Steuerung der nächsten Stufe, eine möglichst günstige (hohe und verzerrungsfreie) Ausgangsspannung braucht und dementsprechend den Eingangs- und Zwischenübertrager spannungsmäßig anzupassen hat, so soll die Endstufe eine möglichst große, selbstverständlich auch verzerrungssfreie Leistung abgeben. Der Ausgangsübertrager ist auf günstigste (optimale) Leistungsabgabe zu rechnen.

II. Der Leistungs- oder Ausgangsübertrager.

A. Der günstigste Außenwiderstand zur Leistungsabgabe.

Durch die Wahl der Röhrentype liegt auch die maximal abzugebende Leistung fest. Wählt man z. B. die 9-Watt-Endpentode AL 4, so kann diese bis zu einer höchsten Anodenverlustleistung von 9 Watt belastet werden (die höchste Anodenverlustleistung tritt in den Sprechpausen auf). Beträgt die gewählte Anodengleichspannung [1]) $U_{a\,gl} = 250$ V, so ergibt die höchstzulässige Verlustleistung von 9 Watt einen höchstzulässigen Anodenruhestrom von $J = N : U = 9 : 250 = 0{,}036$ A (umgekehrt ergibt sich, ist bei einer bestimmten Anodenspannung der maximal zulässige Anodenstrom bekannt, die Verlustleistung aus $N_v = U_{a\,gl} \cdot J_{a\,gl} = 250 . 0{,}036 = 9$ Watt).

Bei der höchstmöglichen Aussteuerung (100%) und bei einer Anodengleichspannung[1]) von 250 V ist der Scheitelwert der Anodenwechselspannung ($U_{a\,w}$) 250 V. Der Spannungswert oder der effektive Mittelwert[2]) ($U_{a\,w}$) beträgt $\frac{250}{\sqrt{2}} = 175$ V, der höchstmögliche Scheitelwert des Anodenstroms 36 mA, der Effektivwert ($J_{a\,w}$) $36 : \sqrt{2} = 25$ mA. Die maximale Leistung, die der Röhre bei 100% Aussteuerung entnommen werden kann, ist: $N = U . J = 175 . 0{,}025 = 4{,}5$ Watt. Sie ist gleich der halben Anodenverlustleistung. Die Anodenwechselspannung beträgt aber nur dann 175 V und der Anodenwechselstrom nur dann 25 mA, wenn der Anodenwechselstromwiderstand $175 : 0{,}025 = 7000$ Ohm ist.

Da bei der Pentode bei diesem Wert auch die geringsten Verzerrungen auftreten, ist der Widerstandswert für maximale Leistungsabgabe auch der günstigste Wert (Optimalwert oder Anpassungswert). Bei der Triode werden die Verzerrungen kleiner, wenn man den Wechselstromwiderstand des Außenwiderstandes größer wählt, als es der maximalen Leistungsabgabe entspricht. Formeln auch für Gegentakt- und Parallelschaltung siehe Punkt E. Dem günstigen Außenwiderstand $R_{opt.} = 7000$ Ohm steht der konstruktionsbedingte Wechselstromwiderstand eines dynamischen Lautsprechers von 5 Ohm gegenüber. Würde man die Schwingspule des Lautsprechers direkt an den Anodenkreis der Endröhre legen, so wird man wegen der schlechten Anpassung keine nennenswerte Leistungsabgabe erzielen.

B. Aufgabe des Ausgangsübertragers.

Ein zwischen die Röhre und den Lautsprecher geschalteter Uebertrager transformiert den geringen Schwingspulenwiderstand auf den gewünschten Wert. Nehmen wir, um uns leichter verständlich zu machen, daß ein Transformator auch Widerstände übersetzt[3]), vorweg das richtige Uebersetzungsverhältnis 1 : 37,5 an. Primärseitig liegt der Uebertrager an 175 V Wechselspannung (siehe oben), daher beträgt die sekundärseitig abgegebene Spannung $175 : 37{,}5 = 4{,}7$ V. Diese Spannung treibt durch die angeschlossene Schwingspule (5 Ohm Widerstand) einen Strom von $4{,}6 : 5 = 0{,}92$ A. Entsprechend dem Uebersetzungsverhältnis muß daher primärseitig ein Strom von $0{,}92 : 37{,}7 = 0{,}025$ A fließen. Der mit einem Widerstand von 5 Ohm belastete Transformator wirkt für den Anodenkreis, da er bei 175 V Spannung einen Strom von 0,025 A aufnimmt, genau so wie ein Widerstand von $175 : 0{,}025 = 7000$ Ohm. Mit anderen Worten kann man sagen: der Transformator übersetzt den Widerstand im Verhältnis 5 : 7000 oder 1 : 1400 oder $1 : 37{,}5^2$ oder $1 : ü^2$.

C. Bestimmung der Primärinduktivität des Uebertragers.

Bei der Betrachtung der Uebersetzung eines Widerstandes wurde von Leerlaufstrom des Transformators abgesehen. Im Leerlauf ist die als Generator gedachte Röhre durch die Primärwicklung, wie durch die Drossel belastet. Um die Leerlaufbelastung zu berücksichtigen, kann man sich parallel zu dem durch den Uebertrager transformiert gedachten Schwingspulenwiderstand einen induktiven Widerstand von der Größe der Primärinduktivität denken. Es ist leicht einzusehen, daß dieser induktive Widerstand nicht unter den Wert des transformierten Schwingspulenwiderstandes sinken darf, wenn nicht die Wirkung des wirksamen Außenwiderstandes unzulässig verkleinert werden soll. Den kleinsten Wert hat der frequenzabhängige induktive Widerstand (ωL) bei der tiefsten zu übertragenden Frequenz. Die Primärinduktivität muß daher bei $f_u = 40 : 100$ Hz noch einen bestimmten, die Güte der Verzerrungsfreiheit beeinflussenden Mindestwert haben.

---

[1]) Gemessen zwischen Anode und Kathode. Die vom Netzgerät zu liefernde Anodenspannung muß um den Abfall am Gleichstromwiderstand der Ausgangsübertragerprimärwicklung größer sein.

[2]) Der effektive (Mittel-)Wert einer zwischen o und den plus-minus Scheitelwerten wechselnden (Wechsel-)Spannung ist der Wert, der mit einem Wechselstromvoltmeter gemessen wird und der zu Leistungsberechnung in die Formel $N = U . J$ einzusetzen ist. Für sinusförmige Spannungen ist

$$U_{eff} \text{ oder } U = \frac{U \text{ Scheitel (Spitze)}}{\sqrt{2}}.$$

Das gleiche gilt für die Stromstärke.

[3]) Siehe auch „das elektron" 1947, Heft 1, Seite 20

Röhrenkartei als Beilage eingelegt

w_2 = 145 Windungen. Die Größe des Luftspaltes sei 0,4 mm, daher ist

$$w_1 = 5500 \cdot \sqrt{2 \cdot 0{,}4} = 4900 \text{ Wdg.}$$
$$w_2 = 145 \cdot \sqrt{2 \cdot 0{,}4} = 130 \text{ Wdg.}$$

9. Bestimmung des Drahtquerschnittes und des Wickelraumes. Der erforderliche Drahtquerschnitt berechnet sich aus dem Anodengleichstrom $J_{a\,gl}$ unter Zugrundelegung einer zulässigen Stromdichte von 2 A/mm². Ohne Rechnung kann die Drahtstärke und der benötigte Wickelraum aus dem Nomogramm II, Heft 4/5, Seite 103, berechnet werden. Der Drahtdurchmesser der Sekundärwicklung wird aus $d_{sec} = d_{prim} \cdot \sqrt{ü}$ bestimmt. Man kann auch umgekehrt den zur Verfügung stehenden Wickelraum zu gleichen Teilen auf Primär- und Sekundärwicklung verteilen und aus dem für die Wicklung zur Verfügung stehenden Raum und der erforderlichen Windungszahl, unter Annahme eines Kupferfüllfaktors von 0,35—0,4, den Drahtquerschnitt ermitteln. Die Stromdichte ist dann zu kontrollieren.

Beispiel:

$$d_{prim} = 0{,}025 \; J_{a\,gl} = 0{,}025 \cdot 36 = 0{,}15 \text{ mm}$$
$$d_{sec} = d_{prim} \cdot \sqrt{ü} = 0{,}15 \cdot \sqrt{42} = 1{,}0 \text{ mm}$$

Dem Nomogramm im Heft 4/5 liegt eine etwas höhere Stromdichte zugrunde, daher erhält man um Geringes kleinere Durchmesser.

III. Der Spannungs-, Eingangs- und Kopplungsübertrager.

A. Grundsätzliches über Spannungsübertrager.

Der Spannungsübertrager verbindet den Anodenkreis einer Röhre (oder die Eingangsspannungsquelle) mit dem Gitterkreis der nächsten Stufe und hat die Aufgabe, die Kreise gleichstrommäßig voneinander zu trennen, sowie die zu übertragende Wechselspannung zu vergrößern. Er ist sekundärseitig, da ja durch negative Gittervorspannung kein Gitterstrom fließt, nur durch die Gitterkapazität der Röhre, sowie durch die Eigenkapazität des Uebertragers belastet. Primärseitig ist er durch den Innenwiderstand der vorhergehenden Röhre oder durch den Innenwiderstand der Eingangsspannungsquelle abgeschlossen. Der Verstärkungsgrad des Uebertragers hängt nicht nur vom Uebersetzungsverhältnis (ü), sondern auch von der frequenzabhängigen Belastung (Gitter- und Eigenkapazität) sowie von der ebenfalls frequenzabhängigen Induktivität der Wicklungen ab. Da man aber innerhalb des zu übertragenden Frequenzbandes (40—7500) zur Vermeidung zu großer Verzerrungen einen konstanten Verstärkungsfaktor benötigt (Abweichungen bis etwa 30% können noch zugelassen werden), so ist der Wahl des Uebersetzungsverhältnisses eine Grenze gesetzt. Der Uebertrager ist den gegebenen Bedingungen anzupassen. Punkt B zeigt einen vereinfachten, für die Praxis ausreichenden Berechnungsgang.

B. Berechnungsgang an Hand eines Beispieles.

Ein Tonabnehmer soll an eine Röhre angepaßt werden. Der innere Wechselstromwiderstand wurde, da keine Unterlagen vorhanden waren, durch Messung des Gleichstromwiderstandes und Umrechnung mit 2 kOhm festgestellt.

Die Primär-Induktivität wird aus der kleinsten zu übertragenden Frequenz berechnet.

$$L_1 = \frac{R_i}{W_u}, \text{ für } f_u = 40 \text{ Hz } L_1 = 0{,}004 \; R_i \text{ Henry}$$

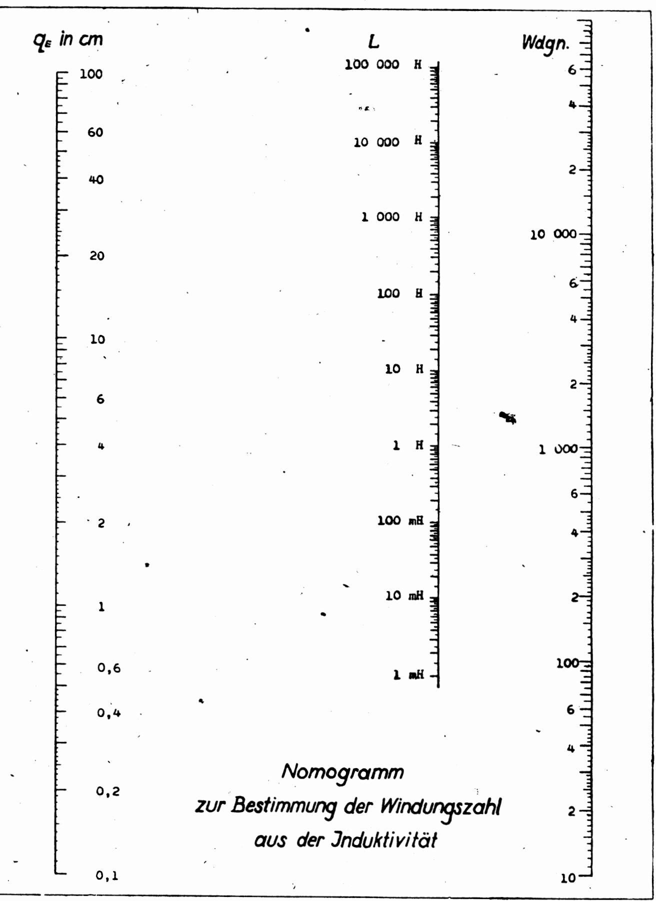
$$1_1 = 0{,}004 \,.\, 2000 = 8 \text{ H} = \text{mH}.$$

Die Sekundär-Induktivität wird durch die Streuung, die Eigenkapazität des Uebertragers, die kapazitive Belastung des Gitters und durch die höchste zu übertragende Frequenz bestimmt. In der Praxis kann man für f_o = 5000 ... 7500 Hz, L_2 mit 300 ... 200 Henry annehmen.

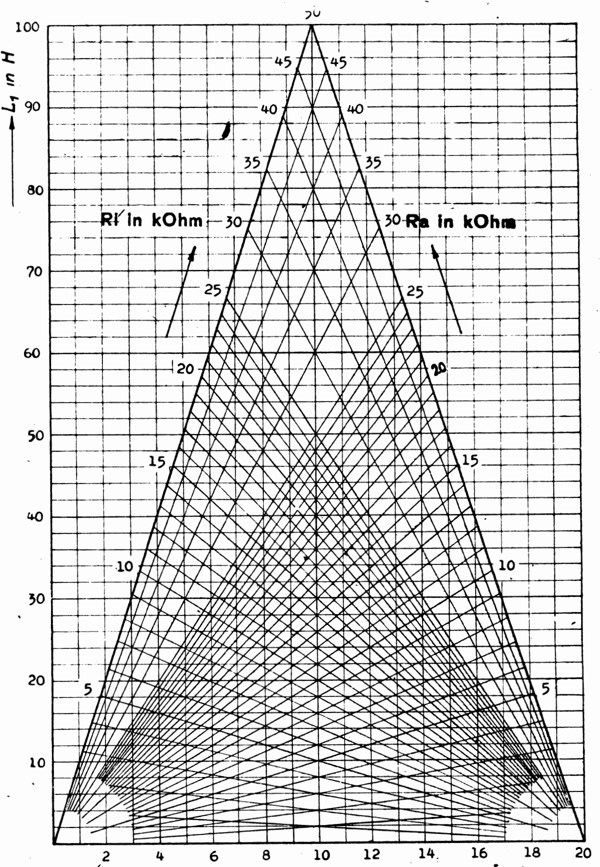
Der Kernquerschnitt bestimmt sich wie bei Leistungstrafos aus der Leistung. Mit Rücksicht auf die Vormagnetisierung wählt man meist einen Mindestquerschnitt von 0,7 cm².

Die Windungszahlen werden wie beim Leistungstrafo aus dem Nomogramm II bestimmt.

Für q = 0,8 (zur Verfügung stehender Blechschnitt) ergibt sich für L_1 = 8 w_1 = 6500 Windungen, für L_2 = 250 w_2 = 39.000 Windungen.



Nomogramm zur Bestimmung der Windungszahl aus der Induktivität



Um die Windungszahlen zu verkleinern, braucht man nur einen größeren Eisenquerschnitt annehmen.

Der Drahtquerschnitt wird aus der Windungszahl und dem zur Verfügung stehenden Wickelraum oder aus dem Vormagnetisierungsgleichstrom bestimmt. Siehe Leistungstrafo.

D. Abmessungen des Eisenkerns, Luftspalt, Windungszahl und Drahtquerschnitt.

Zur Vermeidung von Verzerrungen muß der Kernquerschnitt (Mittelstegbreite mal Blechpaketstärke) so groß gewählt werden, daß die bei größtem Anodenstrom auftretende Induktion unterhalb des Sättigungswertes bleibt. Um die durch den Anodenruhestrom bedingte Gleichstromvormagnetisierung klein zu halten, wird der Weg der geschlossenen magnetischen Kraftlinien, zum Unterschied von Netztransformatoren, durch einen Luftspalt unterbrochen. Außerdem hängt die Mindestgröße des Kernquerschnittes von der Größe der zu übertragenden Leistung ab. Die Windungszahl hängt einerseits von der Größe der Eingangsspannung, anderseits von der durch die tiefste zu übertragende Frequenz bestimmten Selbstinduktion ab. Ueberdies darf der Gleichstromwiderstand der Primärwicklung nicht zu groß sein, um den Anodengleichspannungsabfall und den Wechselstromleistungsverlust in erträglichen Grenzen zu halten. Windungszahl und Drahtquerschnitt bestimmen den benötigten Wickelraum und beeinflussen somit wieder den Blechschnitt.

Bei der Berechnung des Ausgangstransformators kann man verschiedene Wege einschlagen, um obige Forderungen in Einklang zu bringen. Da meistens die zur Verfügung stehenden Blechschnitte die Form des Eisenkerns und den Luftspalt bestimmen, beschränkt sich der im nächsten Punkt eingeschlagene Weg des Berechnungsganges auf die vereinfachten Formeln, die aber für die Praxis vollkommen ausreichen.

E. Berechnungsgang eines Ausgangübertragers an Hand eines Beispieles.

Aufgabe: Ein dynamischer Lautsprecher ist an die Endpentode AL 4 anzupassen.

1. Aus einer Röhrentabelle entnimmt man den Anodenruhestrom ($J_{a\,gl} = 36$ mA) bei der gewählten Anodenspannung ($U_{a\,gl} = 250$ V) und den Innenwiderstand der Röhre $R_i = 50$ kOhm.

Der Anodenruhestrom kann so groß gewählt werden, daß $U_{a\,gl} \cdot J_{a\,gl} = N_v$, der maximalen Anodenverlustleistung wird.

2. Berechnung des (günstigsten) Außenwiderstandes R_a, ($R_{a\,opt}$). Kann der Wert des günstigsten Außenwiderstandes nicht der Röhrentabelle entnommen werden, so wird er aus nachstehenden Formeln berechnet:

a) Triode: $R_a \geqq 2\,R_i$ oder $R_a = 0{,}6\ \frac{U_{a\,gl}}{J_{a\,gl}}$

$U_{a\,gl}$ muß so groß gewählt werden, daß $R_a \geqq 2\,R_i$. Ueberanpassung ergibt bei der Triode kleinere Verzerrungen, allerdings auch kleinere Nutzleistung.

b) Pentode: $R_a = \frac{U_{a\,gl}}{J_{a\,gl}}$

c) Gegentakt-A-Verstärkung (gesamter Arbeitsbereich im geraden Teil der Kennlinie). Der günstigste gesamte Anpassungswiderstand

$R_{a\,ges} = 2\,R_a$, R_a nach a) oder b).

d) Parallelschalten von zwei Röhren.

$R_{a\,ges} = R_a/2$, R_a nach a) oder b).

e) Gegentakt-B-Verstärkung (Arbeitspunkt im Kennlinienknick).

$R_{a\,ges} = 4\,R_a \qquad R_a = \frac{U^2_{gl}}{10\,N_v}$

U_{gl} muß bei Trioden mindestens so groß gewählt werden, daß $R_a \geqq R_i$

Für das angenommene Beispiel ist nach b)

$$R_a = \frac{U_{a\,gl}}{J_{a\,gl}} = \frac{250}{0{,}036} = 7000 \text{ Ohm}$$

3. Bestimmung des Wechselstromwiderstandes der Schwingspule (R_s.) Der Gleichstromwiderstand wird mit einem Ohmmeter gemessen. Der Wechselstromwiderstand ist dann ungefähr 1,2mal so groß. Steht kein Ohmmeter zur Verfügung, so wird der zwischen 2 und 18 Ohm liegende Wechselstromwiderstand angenommen (ungefähr 5 Ohm). Im Beispiel sei der gemessene Gleichstromwiderstand 3,3 Ohm.

$$R_s = 1{,}2 \cdot R_{gl} = 1{,}2 \cdot 3{,}3 = 3{,}96 = 4 \text{ Ohm.}$$

4. Bestimmung der Primär- und der Sekundärinduktivität.[4]) L_1 und L_2 werden aus dem Nomogramm I bestimmt. Man sucht den Schnittpunkt der beiden Leitstrahlen für R_i und R_a Legt man durch diesen Schnittpunkt eine waagrechte Linie, so kann man L_1, legt man eine senkrechte Linie, so kann man L_2 ablesen. Das Nomogramm ist unter der Voraussetzung, daß $R_s = 5$ Ohm beträgt, gezeichnet. Hat R_s einen anderen Wert, so ist L_2 noch mit $\frac{R_s}{5}$ zu multiplizieren.

Für das Beispiel erhält man für $R_i = 50$ kOhm und $R_a = 7$ kOhm $L_1 = 24{,}6$ H, $L_2 = 17{,}5$ mH. Da $R_s = 4$ Ohm ist, wird $L_2 = 17{,}5 \cdot \frac{4}{5} = 14$ mH.

Das Uebersetzungsverhältnis $ü = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{24{,}6}{0{,}014}} =$

$= 42$ oder $ü = \sqrt{\frac{R_a}{R_s}} = \sqrt{\frac{7000}{4}} = 42$

5. Bestimmung der Ausgangsleistung der Röhre. Unter Annahme eines Klirrfaktors von 5% ist die höchstmögliche Gesamtausgangsleistung N_w

Bei einer Triode in A-Verstärkerschaltung:

$0{,}25\ U_{a\,gl} \cdot J_{a\,gl}$ oder $0{,}25 \cdot N_v$.

Bei einer Pentode in A-Verstärkerschaltung:

$0{,}4\ U_{a\,gl} \cdot J_{a\,gl}$ oder $0{,}4\ N_v$.

Bei Trioden in Gegentakt-B-Schaltung $1{,}5\ N_v$.

Bei Pentoden in Gegentakt-B-Schaltung: $2{,}3\ N_v$.

Bei Gegentakt-A-Schaltung und bei Parallelschalist die gesamte Ausgangsleistung doppelt so groß wie bei einer Röhre.

Bei Gegentakt-AB-Schaltung gelten zwischen A und B liegende Werte.

N_v = Verlustleistung einer Röhre.

Im Beispiel ist: $N_w = 0{,}4 \cdot U_{a\,gl} \cdot J_{a\,gl} = 0{,}4 \cdot 250 \cdot 0{,}36 = 3{,}6$ Watt oder $N_w = 0{,}4 \cdot 9 = 3{,}6$ Watt

6. Berechnung der Kernabmessungen. Der Querschnitt des Eisenkerns ist angenähert:

$q_E = 10 \cdot \sqrt{\frac{N_w\,(\text{Watt})}{f_u\,(\text{Hz})}}$ für eine kleinste noch zu über tragende Frequenz von $f = 40$ Hz und 10% Zuschlag für die Zwischenisolation.

$q_E = 1{,}7 \cdot \sqrt{N_w} \qquad q_e = 1{,}7 \cdot \sqrt{3{,}6} = 3{,}2\ cm^2$.

Die Stegbreite liegt durch den vorhandenen Blechschnitt fest. Ist die Stegbreite 1,8 cm, so ergibt sich die Paketstärke mit $\frac{3{,}2}{1{,}8} = 1{,}75$ cm. Wählt man aus irgend welchen Gründen (vorhandenes Material) den Kernquerschnitt etwas abweichend, so ist mit dem tatsächlichen Eisenquerschnitt weiterzurechnen.

Der benötigte Wickelraum (Fensterfläche) ist grob gesehen gleich dem Kernquerschnitt.

7. Tabelle zur Bestimmung des Eisenquerschnittes in cm² (10% Zuschlag für Zwischenlage eingerechnet).

Tiefste zu übertrag. Frequenz	Ausgangsleistung in Watt 1	2	4	5	8	10	16
100 Hz	1,1	1,5	2,2	2,5	3,0	3,5	4,4
60 Hz	1,4	2,0	2,9	3,3	4,0	4,5	5,7
40 Hz	1,8	2,4	3,5	3,8	5,0	5,7	7,0

8. Bestimmung der Windungszahlen aus dem Nomogramm II. Die Werte des Eisenquerschnittes und der Induktivität werden durch Anlegen eines Lineals verbunden und die Windungszahl abgelesen. Dem Nomogramm liegt die Formel

$$W = 1000 \cdot \sqrt{\frac{8\,L^{H} \cdot S_L^{mm}}{9\,E^{cm2}}}$$

unter Annahme eines Luftspaltes von 0,5 mm zugrunde. Hat der zur Verfügung stehende Blechquerschnitt einen anderen Luftspalt S_L so sind die mit dem Nomogramm bestimmten Werte mit $\sqrt{2\,S_L}$ zu multiplizieren. (Für Luftsaplte, die kleiner sind als 0,2 mm kann die Formel nicht verwendet werden.)

Für das Beispiel ergibt sich f_u $q_E = 3{,}2\ cm^2$, $L_1 = 24{,}6$ kH und $L_2 = 17{,}5$ mH, $w_1 = 5500$ Windungen,

---

[4]) L_1 und L_2 können auch aus den dem Nomogramm zugrundeliegenden Formeln $L_1 = 0{,}16\ \frac{R_i \cdot R_a}{R_i + R_a} \cdot \frac{1}{f_u}$ H berechnet werden. f_u ist mit 40 Hz angenommen. Bei mehreren Röhren ist $R_{a\,ges}$ einzusetzen.